

Reporte del Clima en México



Reporte Anual 2017

Analistas:

Adelina Albanil Encarnación
adelina.albanil@conagua.gob.mx
Reynaldo Pascual Ramírez
reynaldo.pascual@conagua.gob.mx
Minerva López Quiroz
minerva.lopez@conagua.gob.mx
Julio Nemorio Martínez Sánchez
julio.martinezs@conagua.gob.mx
Luis Alberto Chablé Pech
lachable@conagua.gob.mx

Revisión:

Adelina Albanil Encarnación
Reynaldo Pascual Ramírez

Edición:

Reynaldo Pascual Ramírez

Dirección:

Av. Observatorio 192, Col. Observatorio, Del.
Miguel Hidalgo. C.P. 11860, México D.F.

El Reporte del Clima en México es una publicación mensual que describe el comportamiento de las condiciones globales del clima, el análisis nacional de la lluvia o sequía, temperatura, eventos extremos como días con heladas (temperatura mínima diaria menor o igual a 0 °C) en meses invernales o días cálidos en primavera y verano (temperatura máxima diaria mayor o igual a 40 °C), trayectorias de huracanes, frentes fríos, entre otros. La mayoría de estos elementos se ilustran con mapas que muestran su distribución, ejemplo de ellos son las anomalías de la lluvia y temperatura. Adicionalmente se publican tablas con valores máximos y mínimos de estas variables en cada entidad federativa, obtenidos de la red de estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua y otros. Para describir las condiciones globales del clima se utiliza información proveniente de los centros del clima a nivel mundial como son la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA) y el Instituto Internacional para el Clima y la Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia, entre otros.

Portada: Principales acontecimientos climáticos ocurridos en 2017. Imagen de Luis Alberto Chablé Pech.

Agradecemos sus comentarios y sugerencias referentes a esta publicación. Si usted tiene material fotográfico relacionado con algún fenómeno meteorológico y que pueda ser publicado, sugerimos enviarlos a los correos electrónicos señalados en este documento.

Contenido

1. Condiciones globales del clima.....	3
2. Precipitación.....	11
3. Temperatura.....	25
4. Eventos notables.....	41
5. Anexos.....	46
6. Glosario.....	50

1. Condiciones globales del clima

De acuerdo a los Centros Nacionales de Información Ambiental de la NOAA (NCEI, por sus siglas en inglés), los primeros cuatro meses del 2017, de enero a abril, se ubicaron como los segundos más cálidos de acuerdo a los registros 1880-2017, por detrás de los registros mensuales de 2016. Marzo registró una anomalía de temperatura a nivel global de $+1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo la primera ocasión que se registró una anomalía superior a $+1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en ausencia de condiciones de El Niño en el Pacífico tropical. Los cuatro últimos meses del año, de septiembre a diciembre, se ubicaron dentro de los cuatro más cálidos para cada mes. De manera general, los datos mensuales ubicaron a 2017 como el tercer año más cálido desde 1880, con un promedio de anomalía de temperatura a nivel global de $+0.84\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio histórico, ubicándose como el año más cálido sin la presencia de El Niño (Fig. 1), y detrás del registro de 2016 ($+0.96\text{ }^{\circ}\text{C}$) y 2015 ($+0.90\text{ }^{\circ}\text{C}$), siendo ambos años caracterizados por el episodio El Niño fuerte 2015-2016. En los continentes, la anomalía registrada fue de $+1.31\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en los océanos este valor fue de $+0.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo ambos valores los terceros más altos registrados.

La temperatura a nivel global en el 2017 ubicó a este año como el 41° año consecutivo con una anomalía promedio de temperatura por arriba del promedio del siglo XX. En el siglo actual, el récord de temperatura global se ha superado en cinco ocasiones, siendo los años de 2010 a la fecha los seis más cálidos.

A nivel global en varias regiones se observaron récords de temperatura, en especial en las regiones central y occidental del Océano Pacífico, el occidente del Océano Índico, el sureste de Sudamérica y el suroeste de los Estados Unidos. En promedio, en la región de Norteamérica la temperatura promedio anual se ubicó como la sexta más cálida, y en México también prevalecieron temperaturas cálidas a nivel mensual ubicándose los meses de enero a octubre dentro de los cinco meses más cálidos con temperaturas de hasta $+1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio. En nuestro país, el período de enero a octubre registró una anomalía de $+1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, superando el récord de enero a octubre de 2016 de $+1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. La región sur del continente registró el segundo año más cálido en todo el registro detrás del valor registrado en el 2015, con 2017 ubicándose como el año más cálido en Argentina desde 1961, y el segundo año más cálido en Chile desde 1964.

Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan–Dec 2017

(with respect to a 1981–2010 base period)

Data Source: GHCN–M version 3.3.0 & ERSST version 4.0.0

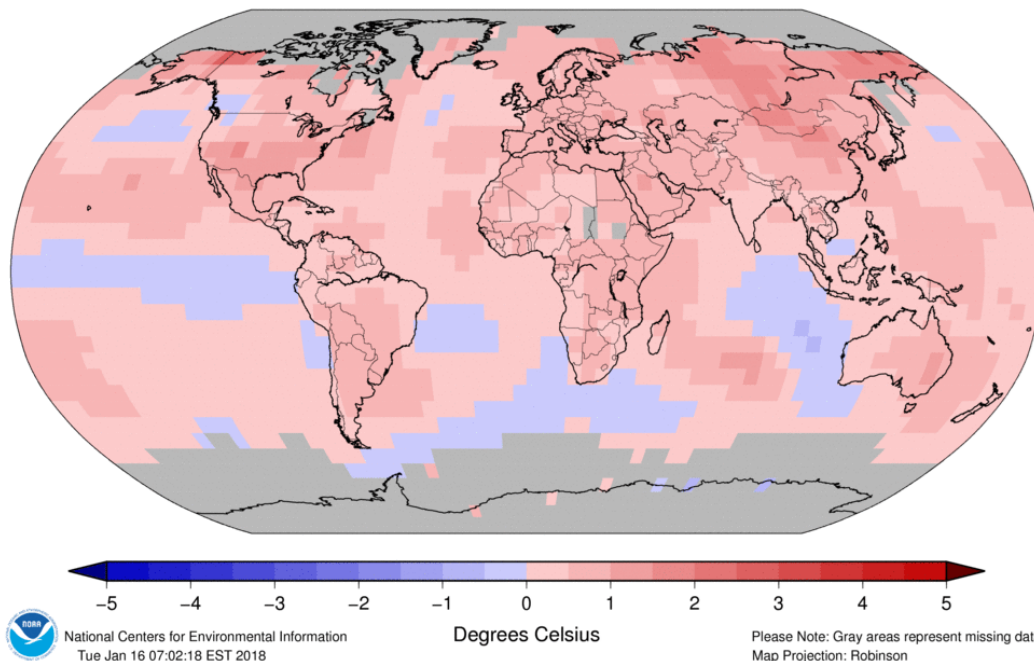


Fig. 1. Anomalía promedio de temperatura superficial a nivel global de enero a diciembre de 2017 comparada con la climatología 1981-2010. Fuente: www.ncdc.noaa.gov

En Europa, Portugal registró su segundo año más cálido desde 1931, mientras que para Alemania y Austria, los valores de temperatura de 2017 se ubicaron dentro de los ocho y cinco años más cálidos, respectivamente. En el Reino Unido y Francia, el 2017 se ubicó dentro de los cinco años más cálidos en cada país. El continente africano registró su cuarto año más cálido detrás de 2010, 2016 y 2015. Asia registró su tercer año más cálido en 108 años de registros, solo superado por 2015 y 2007, y por último, Oceanía tuvo su sexto año más cálido desde 1910.

Como se mencionó antes, a pesar de tener un invierno 2016-2017 con condiciones de La Niña de intensidad débil y un inicio de año relativamente frío en varias regiones del globo, los valores globales de temperatura ubicaron al 2017 como el año más cálido en ausencia de El Niño en el Pacífico ecuatorial. A escala mensual, estos valores se atribuyeron a otros patrones climáticos de escala regional que se presentaron a lo largo del año.

En el Océano Pacífico tropical se mantuvo una transición entre condiciones Neutrales y de La Niña a lo largo de todo el año como lo indicaron las anomalías de temperatura del mar en la región de monitoreo de El Niño 3.4, los valores positivos de la Oscilación del Sur y de la radiación de onda larga en el Pacífico ecuatorial; mientras, en el Pacífico Norte la Oscilación Decenal del Pacífico estuvo positiva en los primeros seis meses del año y negativa en el segundo semestre. Por otro lado, en el Océano Atlántico las temperaturas del mar registraron valores muy por arriba del promedio 1981-2010 a lo largo de todo el año, en especial en el Atlántico Norte, el Mar Caribe y el Golfo de México, registrándose récords de contenido calórico del océano en diferentes meses del año y favoreciendo una temporada de ciclones tropicales muy activa con 18 ciclones tropicales (siendo septiembre el mes más activo con seis), con la presencia de los huracanes *María* e *Irma* de categoría 5 y los huracanes *Harvey* y *José* categoría 4, provocando severas afectaciones a su paso por las Antillas, el Golfo de México y el sureste de los Estados Unidos.

1.1 El Niño-Oscilación del Sur

El Niño-Oscilación del Sur o ENOS es parte fundamental del sistema climático y se origina como resultado de una fluctuación interanual en el sistema océano-atmósfera en el Pacífico Ecuatorial (Allan et. al. 2000¹). De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés), las fases cálida y fría (El Niño y La Niña) se refieren a condiciones anómalas en los valores de la temperatura superficial del mar (TSM), tomando como anómalo un valor de 0.5°C por arriba o por debajo del promedio de 1981-2010, respectivamente. Esta condición debe permanecer por al menos cinco trimestres consecutivos en la región de monitoreo de ENOS conocida como Niño 3.4 (Fig. 2), y que sirve como referencia principal para saber las condiciones actuales de ENOS.

En el primer semestre del 2017 los valores de TSM indicaron condiciones Neutrales del ENOS, es decir, sin condiciones de El Niño y La Niña a lo largo del Pacífico Ecuatorial (Fig. 3). A partir de los meses de agosto y septiembre, se comenzaron a observar valores de TSM dentro de lo normal con algunas regiones del Pacífico ligeramente por debajo de lo normal, con los pronósticos indicando una mayor probabilidad de condiciones de La Niña hacia los meses de invierno. Durante el mes de octubre, los valores de TSM comenzaron a desarrollar condiciones de La Niña débil en el Pacífico ecuatorial, con valores de TSM por debajo del promedio y condiciones atmosféricas todavía dentro de las condiciones neutrales (Fig. 4). En los meses de noviembre y diciembre prevalecieron condiciones de La Niña en el Pacífico tropical con una termoclina menos profunda que el promedio histórico. En diciembre se registró una anomalía de -0.3 °C en la región Niño 4, -0.8 °C en Niño 3.4 y -1.5 °C en Niño 1+2, en tanto que las condiciones atmosféricas fueron favorables para La Niña (Fig. 5), con vientos alisios intensos y mayor actividad convectiva en el Pacífico occidental, mientras que en el Pacífico oriental la actividad convectiva y las lluvias estuvieron por debajo de lo normal (Tabla 1).

¹ Allan R. J, J. A. Lindesay and D. E. Parker (2000). ENSO and climate variability in the past 150 years. In: *El Niño and the southern oscillation, Multiscale Variability and Global and Regional Impacts.* (H. F. Diaz and V. Markgraf, Eds.). Cambridge, UK, 3-56.

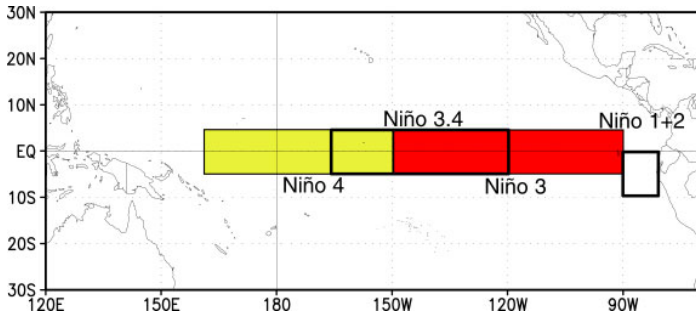


Fig. 2. Localización geográfica de las regiones de monitoreo de El Niño-Oscilación del Sur: a) Niño 1+2 (10°S a 0° y 90°W a 80°W); b) Niño 3 (5°S a 5°N y 150°W a 90°W); c) Niño 3.4 (5°S a 5°N y 120°W a 70°W); Niño 4 (5°S a 5°N y 160°E a 150°W).

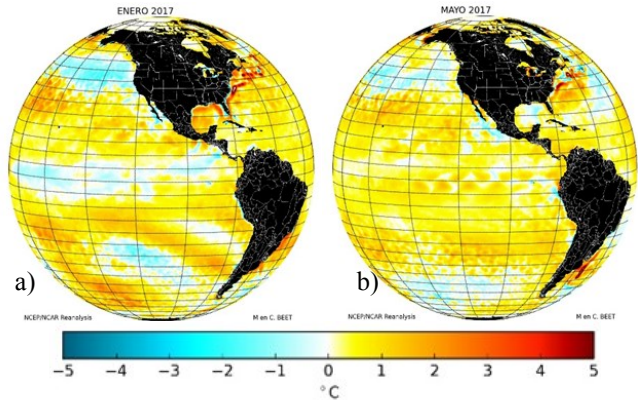


Fig. 3. Anomalia de temperatura de la superficie del mar (TSM) en los meses de a) enero, y b) mayo de 2017. Climatología 1981-2010. Datos: NOAA OISSTv2. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo del SMN.

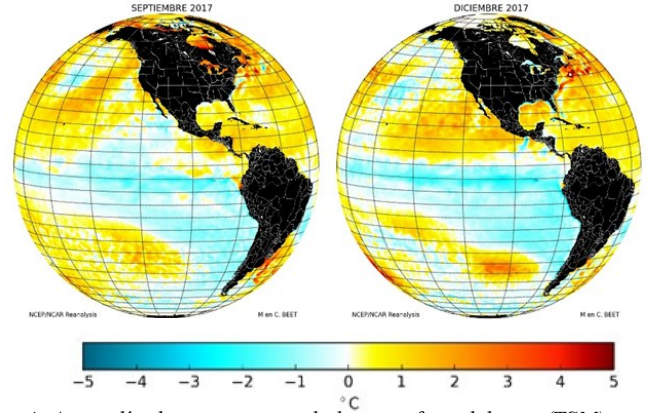


Fig. 4. Anomalia de temperatura de la superficie del mar (TSM) en los meses de a) septiembre, y b) diciembre de 2017. Climatología 1981-2010. Datos: NOAA OISSTv2. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo del SMN.

Anomalías de Temperatura Superficial del Mar

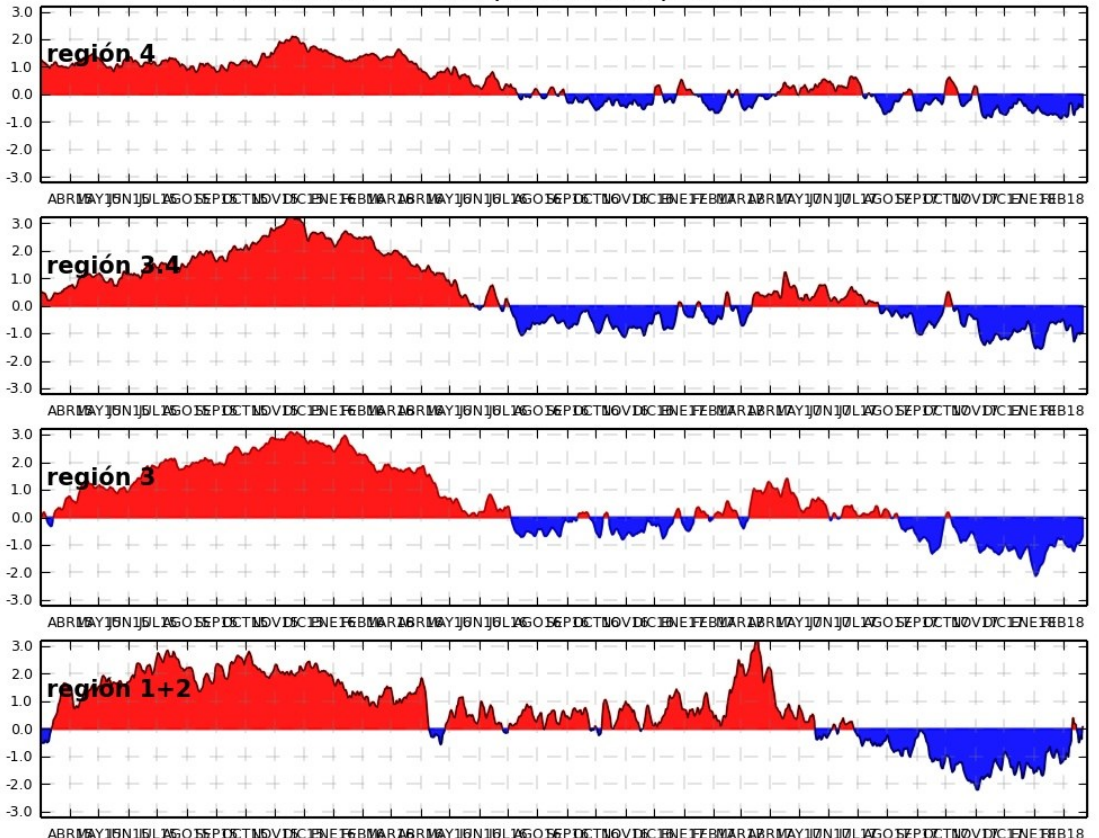


Fig. 5. Anomalías de temperatura superficial del mar (SST, por sus siglas en inglés) en °C en las cuatro regiones de monitoreo de ENOS: a) Niño 1+2 (10°S a 0° y 90°W a 80°W); b) Niño 3 (5°S a 5°N y 150°W a 90°W); c) Niño 3.4 (5°S a 5°N y 120°W a 70°W); y d) Niño 4 (5°S a 5°N y 160°E a 150°W) hasta el mes de diciembre de 2017. Climatología 1981-2010. Datos: NOAA OISST V2. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo del SMN.

2017	Niño 1+2 0-10°S 90°W-80°W	Niño 3 5°N-5°S 150°W-90°W	Niño 3.4 5°N-5°S 170°W-120°W	Niño 4 5°N-5°S 160°E-150° W	N. ATL 5°N-20°N 60°W-30°W	S. ATL 0-20°S 30°W-10°E	Global Trópicos 0-360°
Enero	1.2	0.0	-0.3	-0.1	0.4	0.4	0.2
Febrero	1.6	0.6	0.1	-0.1	0.3	0.0	0.3
Marzo	2.0	0.5	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.3
Abril	0.9	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
Mayo	0.8	0.5	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3
Junio	0.1	0.3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3
Julio	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	0.1	0.3
Agosto	-0.5	-0.2	-0.2	0.2	0.5	0.3	0.3
Septiembre	-0.7	-0.7	-0.4	0.0	0.4	0.1	0.1
Octubre	-1.3	-0.6	-0.5	-0.1	0.2	0.2	0.1
Noviembre	-1.2	-1.0	-0.9	-0.2	0.2	0.0	0.1
Diciembre	-1.5	-1.1	-0.8	-0.3	0.6	-0.3	-0.1

Tabla 1. Valores de los índices de ENOS en las diferentes regiones de monitoreo (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4), en el Atlántico y en los Trópicos de enero a diciembre de 2017. Fuente: Centro de Predicción Climática-NOAA.

1.2 Condiciones atmosféricas y teleconexiones

1.2.1. Radiación Saliente de Onda Larga (OLR). Los patrones de anomalía de radiación de onda larga saliente (OLR, por sus siglas en inglés) durante el año se muestran en la Fig. 6.

Invierno (diciembre 2016 – febrero 2017): En los meses de invierno, anomalías positivas de OLR se observaron en la mayor parte de México asociadas a poca nubosidad, aunque en el noroeste del país persistieron anomalías negativas de OLR. Climatológicamente, la Zona Intertropical de Convergencia (ITCZ, por sus siglas en inglés) se localizó en promedio más cerca de la región ecuatorial, alejada de las costas mexicanas, y se estableció en el Pacífico Oriental. En la región de Indonesia y el sureste de Asia se observaron anomalías negativas de OLR típicas de un evento La Niña débil.

Primavera (marzo – mayo 2017): En los meses de marzo a mayo predominaron anomalías negativas de OLR sobre las regiones centro y sur del país y se observaron anomalías positivas de OLR en la Península de Baja California y el noroeste del país. Durante el trimestre, la ITCZ se mostró más intensa sobre el Pacífico Central. En la región de Indonesia y el sureste de Asia continuaron anomalías positivas de OLR, aunque de menor intensidad que en el trimestre anterior.

Verano (junio-agosto 2017): En los meses de verano, la Vaguada Monzónica se mantuvo cerca de las costas mexicanas y se observaron anomalías negativas de OLR sobre los estados del sur del país en la vertiente del Pacífico y en la Península de Yucatán por el paso de ondas tropicales en el mes de junio. Estas anomalías de OLR gradualmente se fueron desplazando hacia el norte del país en los meses de julio y agosto por las lluvias asociadas al Monzón de Norteamérica o Monzón Mexicano. En la Península de Baja California persistieron anomalías positivas de OLR, mientras que en el Golfo de México la actividad ciclónica favoreció anomalías negativas de OLR. Sobre la región de Indonesia y el sureste de Asia persistieron anomalías ligeramente por debajo del promedio.

Otoño (septiembre – noviembre 2017): En el mes de septiembre la ITCZ se debilitó y comenzó a desplazarse nuevamente hacia el sur, aunque se observaron anomalías negativas de OLR en el norte del país por el inicio de la temporada de ingreso de sistemas frontales al país. En el trimestre predominaron anomalías positivas de OLR en el país. En la región de Indonesia y el sureste de Asia, al igual que en los meses anteriores, se observaron anomalías negativas de OLR, características de condiciones de La Niña en esa región.

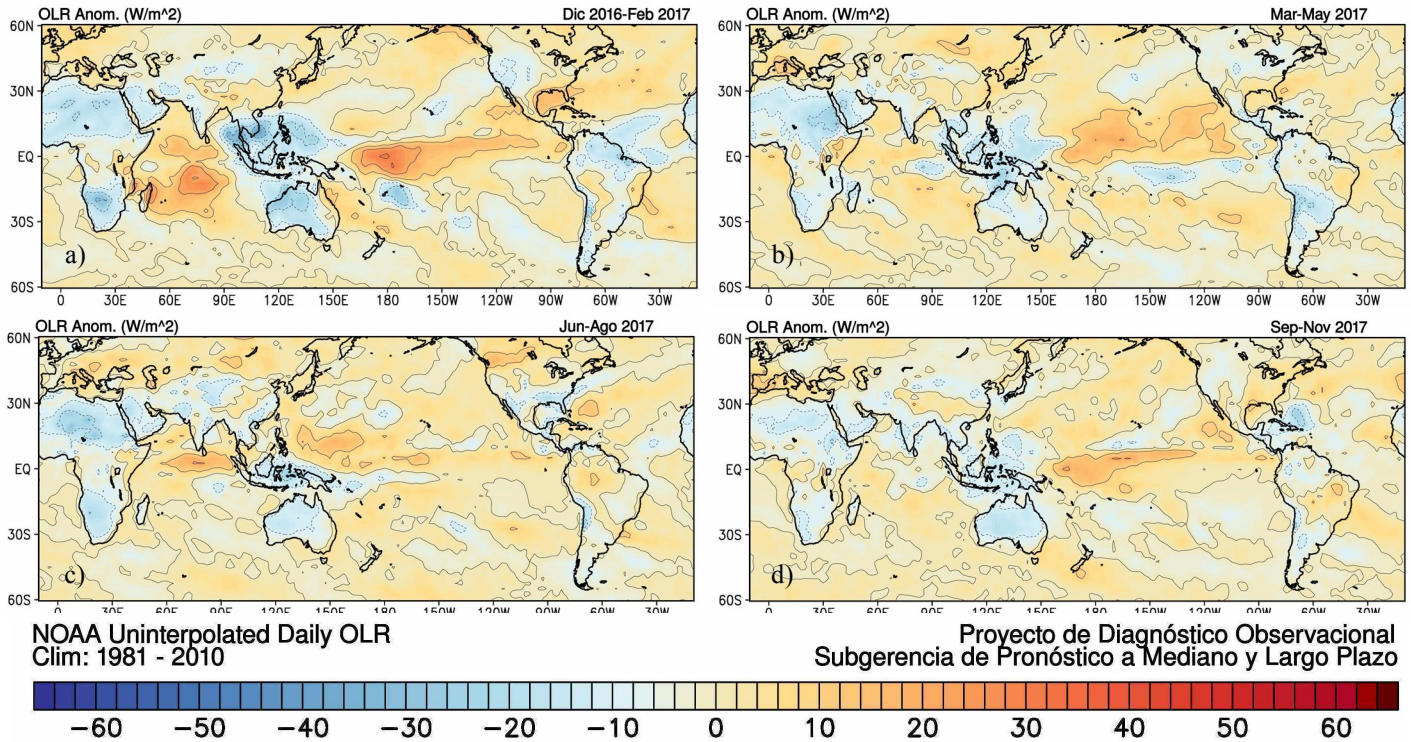


Fig. 6. Anomalías de radiación saliente de onda larga (OLR, por sus siglas en inglés) en W/m^2 en los meses de: a) invierno (diciembre del 2016 a febrero del 2017), b) primavera (marzo a mayo del 2017), c) verano (junio a agosto del 2017), y d) otoño (septiembre a noviembre del 2017). Climatología 1981-2010. Datos: NOAA Uninterpolated OLR. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo el SMN.

1.2.2. Circulación en 500 hPa. Los patrones estacionales de anomalía de altura geopotencial se muestran en la Fig. 7. La variabilidad de los patrones de precipitación y temperatura en Norteamérica estuvo asociada en mayor parte a las condiciones atmosféricas y oceánicas presentes en el Pacífico y en la región del Ártico. De enero a diciembre se observaron en promedio anomalías de altura geopotencial en 500 hPa por arriba del promedio entre 1981-2010, con una mayor intensidad sobre la región noroeste de México y en consecuencia, favoreciendo temperaturas por arriba del promedio y precipitaciones por debajo del promedio en estas regiones a lo largo de todo el año. En el mes de enero la circulación en 500 hPa favoreció una fase negativa del Patrón Pacífico-Norteamérica (PNA, por sus siglas en inglés) y fases positivas de la Oscilación del Ártico (AO, por sus siglas en inglés) y el patrón Pacífico-Occidental (WP, por sus siglas en inglés). En el mes de febrero se tuvo mayor influencia del Patrón Tropical/Hemisferio Norte (TNH, por sus siglas en inglés) indicado por la posición e intensidad de la corriente en chorro. En el mes de marzo la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés) y el patrón WP tuvieron mayor influencia en sus fases positiva y negativa, respectivamente.

La variabilidad observada en los meses de invierno e inicios de la primavera puede considerarse como típica de un invierno bajo condiciones de La Niña (Tabla 2). En el mes de abril los patrones observados de temperatura y precipitación no mostraron una tendencia a ser favorecidos por alguna de las oscilaciones atmosféricas mencionadas anteriormente, por lo que se le consideró como un mes de transición a condiciones Neutrales de ENOS; además, en el mes de abril comenzaron a tener una mayor influencia las condiciones atmosféricas y oceánicas de latitudes tropicales. En el mes de mayo se observó una creciente influencia del Pacífico ecuatorial a través del ENOS y la Oscilación Madden-Julian (OMJ, por sus siglas en inglés), además de las condiciones del Atlántico Norte. Durante junio se observó una fase positiva de la AO y una fase negativa del patrón WP, aunque esta combinación de fases solo mostró coincidencia con los patrones esperados de lluvia y temperatura en el suroeste de Estados Unidos y el noroeste de México, mientras que en las regiones restantes de México, Estados Unidos y Canadá la variabilidad mostró un comportamiento aleatorio. En el mes de julio, las fases positivas de AO y NAO dominaron la distribución espacial de la temperatura en Norteamérica, excepto en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México donde la fase positiva de la PNA tuvo una mayor influencia. En el mes de agosto la fase positiva del patrón Transición Pacífico (PT, por sus siglas en inglés) dominó sobre las demás oscilaciones en toda la región.

A inicios del otoño, en septiembre, las fases negativas del EP-NP y PNA en fase con el patrón positivo del patrón PT dominaron la circulación en 500 hPa y sus patrones asociados de temperatura y precipitación en superficie, mientras que las oscilaciones del Ártico tuvieron una influencia casi nula. En el mes de octubre la temperatura se moduló por los patrones de la PNA, WP y EP-NP, mientras que la precipitación, como en los meses anteriores estuvo influenciada por una combinación de las demás oscilaciones (La Niña, MJO, AO, NAO, EP-NP, etc...) Durante el inicio del invierno, nuevamente las oscilaciones invernales (AO y NAO) junto con La Niña y las fases de la MJO influenciaron los patrones de temperatura. En el último mes del 2017 todavía se tuvo cierta influencia de La Niña, aunque otras condiciones del Pacífico ecuatorial también jugaron un papel significativo, además de que las oscilaciones atmosféricas tanto del Pacífico como del Atlántico en sus diferentes fases positivas y negativas influenciaron los patrones de temperatura y precipitación a lo largo de las diferentes semanas del mes.

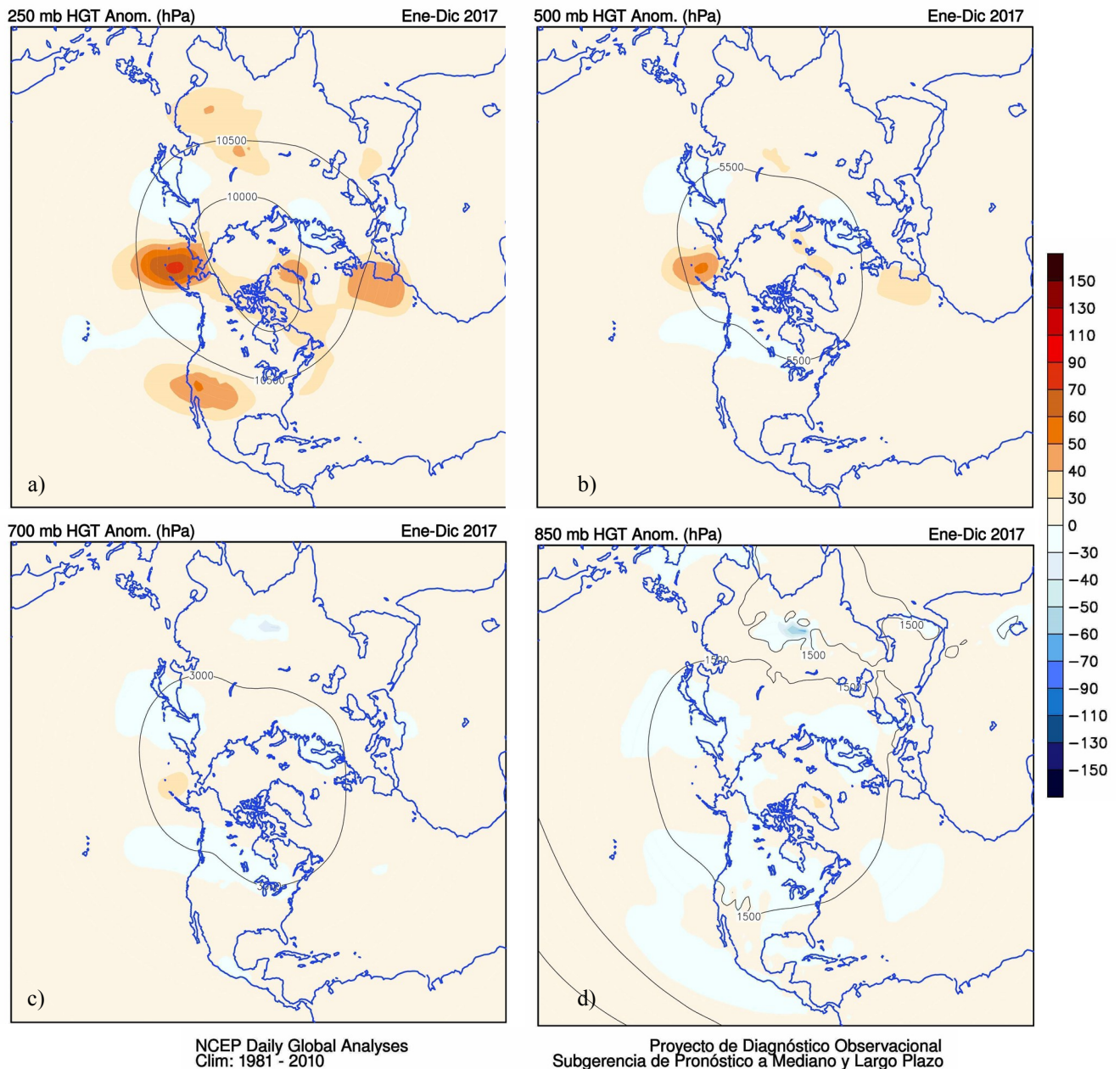


Fig. 7. Anomalia promedio de enero a diciembre de 2017 de altura geopotencial (HGT, por sus siglas en inglés) en hPa en los niveles de: a) 250 hPa, b) 500 hPa, c) 700 hPa, y d) 850 hPa. Climatología 1981-2010. Datos: NCEP Daily Global Analyses. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo del SMN.

2016	PNA	AO	NAO	WP	TNH	EP-NP	EA
Enero	-0.3	0.942	0.0	0.6	-0.3	0.4	-1.1
Febrero	-0.1	0.340	0.7	-0.1	-0.1	0.2	0.6
Marzo	0.0	1.365	0.4	-2.1	-	-1.0	1.0
Abril	0.1	-0.089	1.7	-0.4	-	1.0	-0.6
Mayo	-0.2	-0.730	-1.7	0.7	-	-0.7	0.5
Junio	1.2	0.402	0.4	-0.8	-	0.5	2.0
Julio	1.3	0.634	1.3	0.5	-	0.0	1.8
Agosto	0.2	0.150	-1.5	-1.4	-	-1.6	2.0
Septiembre	-0.3	-0.492	-0.5	-1.2	-	-0.5	1.6
Octubre	-0.3	0.690	0.7	0.7	-	-0.6	0.6
Noviembre	-2.0	-0.078	-0.1	0.7	-	0.4	0.1
Diciembre	0.6	-0.059	0.7	0.3	1.0	-	-0.5

Tabla 2. Valores de los índices atmosféricos característicos de las regiones del Pacífico y el Atlántico en el Hemisferio Norte de enero a diciembre de 2017. Fuente: Centro de Predicción Climática-NOAA.

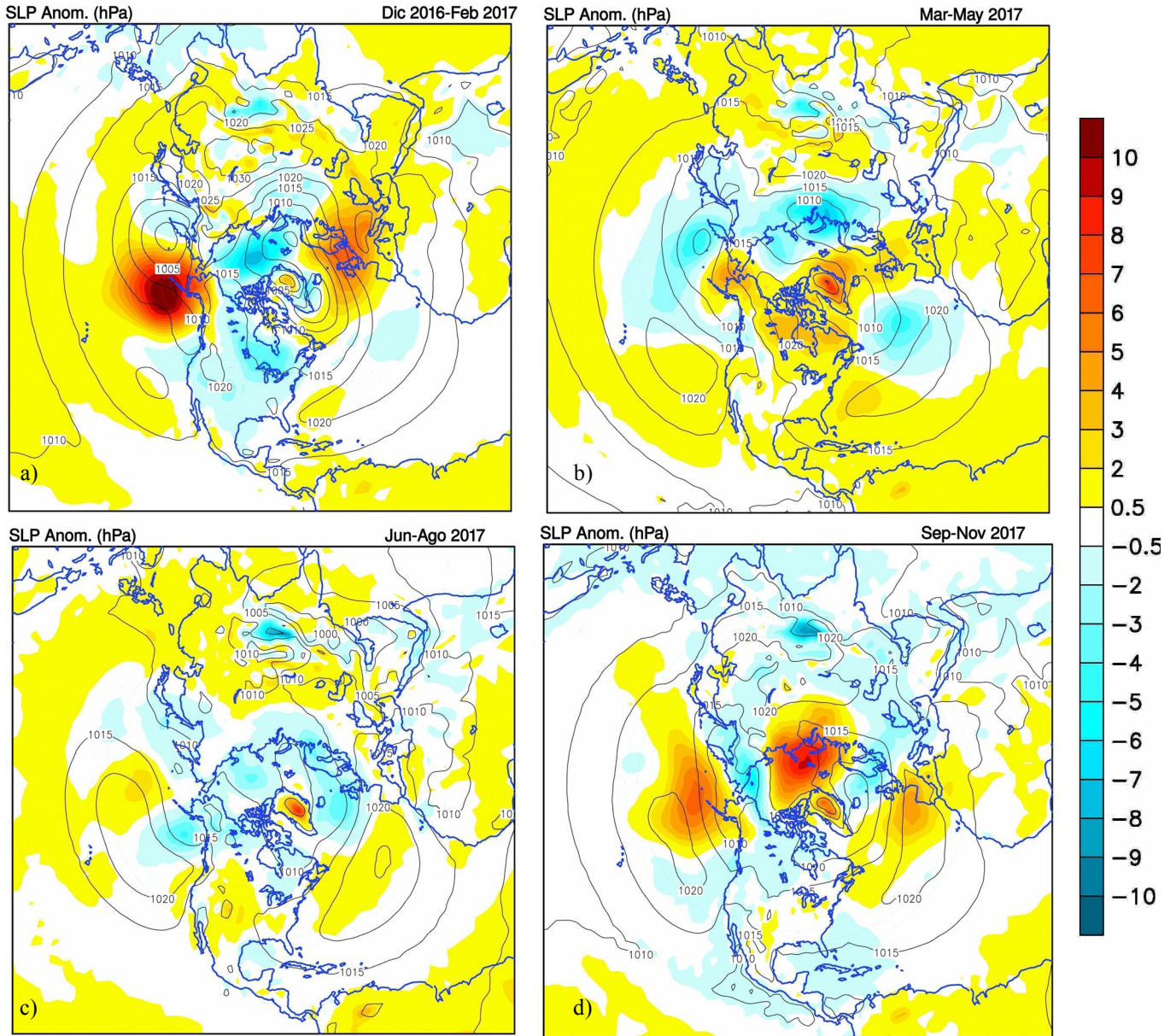
1.2.3. Presión a nivel del mar. Los patrones estacionales de anomalía de presión a nivel del mar se muestran en la Fig. 8. En la región del Pacífico Norte, la circulación es mayormente dominada por sistemas de baja presión semipermanentes. Climatológicamente, en los meses de verano se intensifica el sistema semipermanente de alta presión (NPH, por sus siglas en inglés), debilitándose en invierno, y dando lugar a una mayor influencia del sistema semipermanente de baja presión de las Aleutianas (Aleutian Low). En el Atlántico, la circulación está dominada por el sistema semipermanente de alta presión de las Azores y el sistema semipermanente de baja presión de Islandia, que juntos conforman las diferentes fases de la Oscilación del Atlántico Norte. Típicamente, la primera se intensifica en los meses de verano y se debilita en los meses de invierno, observándose patrones opuestos con la baja de Islandia.

Invierno (diciembre 2016 – febrero 2017): En los meses de invierno, el sistema semipermanente de baja presión de Islandia y el sistema de alta presión de las Azores se debilitaron, y en el Pacífico, el sistema de baja presión de las Aleutianas también se debilitó permitiendo un menor paso de sistemas frontales hacia la parte norte del país.

Primavera (marzo – mayo 2017): En primavera, persistieron anomalías negativas de presión a nivel del mar (SLP, por sus siglas en inglés) en la región polar, aunque en el Atlántico se intensificaron la alta de las Azores y el sistema de baja presión de Islandia. En el Pacífico, comenzó a debilitarse el sistema de baja presión de las Aleutianas y en cambio comenzó a intensificarse la alta del Pacífico Norte. En México, predominaron anomalías positivas de SLP predominaron en todo el país.

Verano (junio – agosto 2017): En el verano, tuvo lugar la intensificación de la alta presión del Pacífico Norte, que típicamente se presenta en los meses de verano. A nivel continental, dominaron anomalías positivas de SLP, a excepción de algunas regiones del norte de Canadá y cercanas al círculo polar Ártico. En Groenlandia predominaron anomalías positivas de SLP, al igual que en el noroeste de México. En el Atlántico, la baja de Islandia se debilitó y el sistema de alta presión de las Azores continuó dominando en el Atlántico central aunque comenzó a debilitarse.

Otoño (septiembre – noviembre 2017): En los meses de otoño, nuevamente se observó una transición entre los sistemas semipermanentes en la región del Pacífico Norte, y en el Atlántico Central, la alta de las Azores continuaba debilitándose, incluso observándose anomalías negativas de SLP en esa región. En Norteamérica, el patrón de anomalías de SLP fue casi opuesto al observado en el mes anterior, especialmente en la región central de Estados Unidos y el noroeste de México.



NCEP Daily Global Analyses
 Clim: 1981 - 2010

Proyecto de Diagnóstico Observacional
 Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo

Fig. 8. Anomalia de presión a nivel del mar (SLP, por sus siglas en inglés) en hPa en los meses de: a) invierno (diciembre del 2016 a febrero del 2017), b) primavera (marzo a mayo del 2017), c) verano (junio a agosto del 2017), y d) otoño (septiembre a noviembre del 2017). Climatología 1981-2010. Datos: NCEP Daily Global Analyses. Elaboración: Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo del SMN.

2. Precipitación

La precipitación de 2017 a nivel nacional se ubicó ligeramente por arriba del promedio al acumularse el 100.1% de la lluvia promedio (1941-2016). Las lluvias se distribuyeron por arriba del promedio en regiones del noroeste, norte, occidente, centro-norte, centro-orientado y sureste de México y de normal a por debajo del promedio en el resto del país (Fig. 9). De acuerdo con las estadísticas estatales desde 1941, Morelos experimentó su año más lluvioso (llovió dos veces más de lo que en promedio llueve) y Colima su cuarto año más húmedo. Por otro lado, San Luis Potosí, registró su segundo año más seco al acumular solo 617.7 mm, (65.0% de su lluvia anual), mientras que en la Ciudad de México se observó el quinto año menos lluvioso (Fig. 10). En la estación Finca Argovia, en Chiapas, se registró el máximo valor puntual anual del país de 4403.2mm, que superó por 39.1 mm su promedio anual histórico (1981-2010). En el año, destacó el mes de septiembre por aportar el 21.7% a la lluvia anual, cuando su aporte promedio es del 18.4%, debido a las lluvias que dejaron cuatro ondas tropicales, las tormentas tropicales *Lidia* y *Pilar*, los huracanes *Max* y *Katia* además de dos frentes fríos. En contraste, marzo es el mes de menor aporte de acuerdo con la climatología con el 2.0%, sin embargo en 2017, el mes de menor aporte fue febrero con el 1.6% de la lluvia anual.

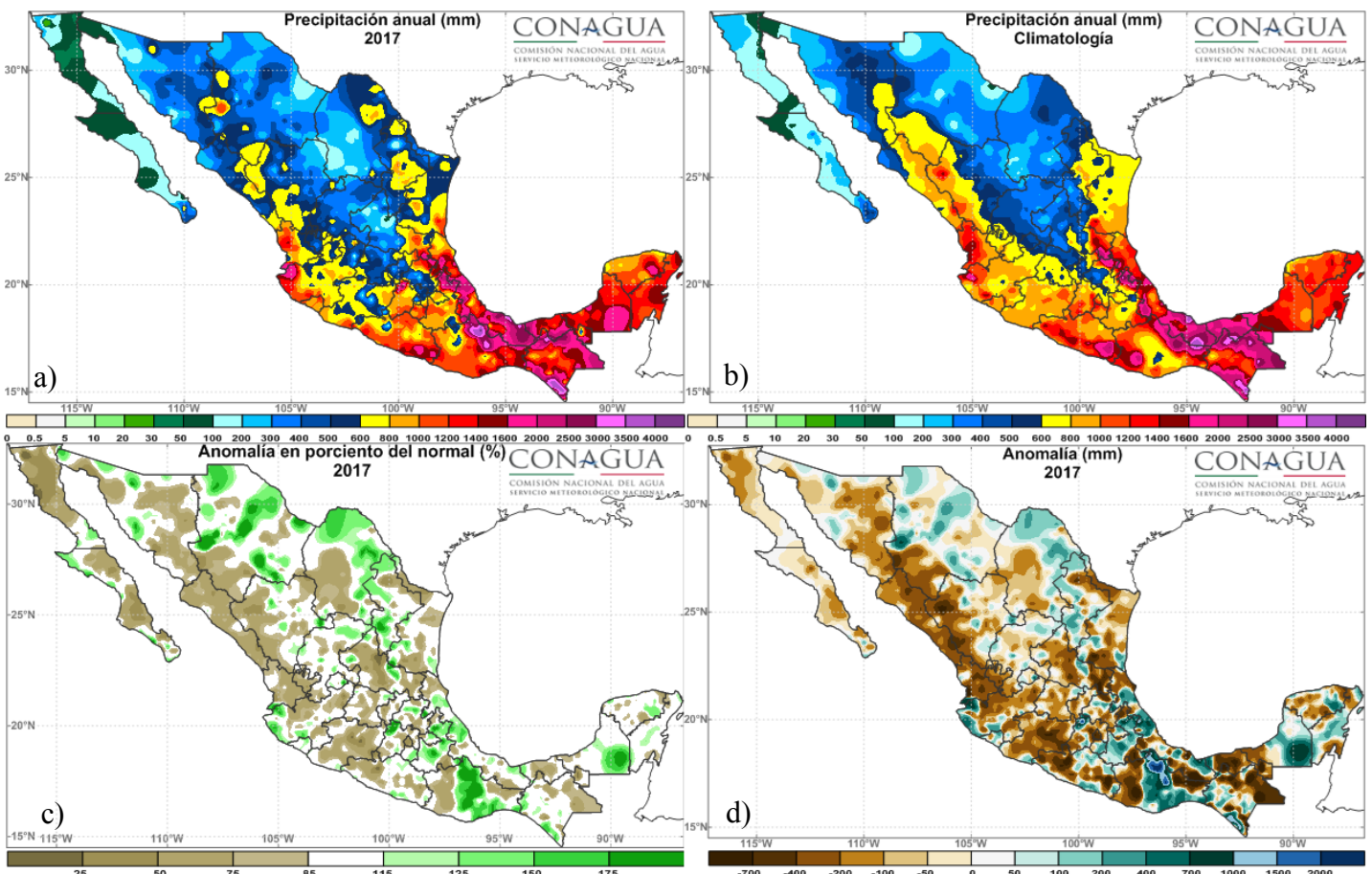


Fig. 9. a) Lluvia total observada durante 2017. b) Comportamiento normal de las lluvias durante en el periodo 1981-2010. c) Anomalia en porcentaje del normal en diciembre de 2017. d) Anomalia absoluta (diferencia de lluvias del mes con respecto al periodo base señalado). Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. Climatología base 1971-2000 obtenido de la Base de Datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional.

El invierno, de diciembre 2016 a febrero de 2017, se clasificó como el 17° más seco considerando los registros desde 1941, con 50.1 mm de la lluvia acumulada a nivel nacional que representó el 71% del promedio. Las lluvias se distribuyeron por debajo del promedio en gran parte del país con excepción de regiones en Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nayarit, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Yucatán donde fueron por arriba de sus promedios. En el sur y

sureste, se ubicaron cuatro entidades que presentaron los mayores déficits de lluvia donde Tabasco observó su tercer invierno más seco, Quintana Roo el quinto, Chiapas el séptimo y Guerrero el octavo. Por otra parte, la primavera, considerada de marzo a mayo fue la 24° más lluviosa durante 2017. En esta temporada se acumularon 83.1 mm de lluvias a nivel nacional, el 110.9% de la lluvia promedio. Las lluvias se distribuyeron de normal a por debajo del promedio en el noroeste, norte, occidente y la Península de Yucatán y de normal a por arriba de lo normal en el resto del país. La precipitación máxima acumulada de este período de 953.8 mm se midió en la estación Finca Argovia, Chiapas.

En el verano, de junio a agosto, se acumularon 389.4 mm a nivel nacional, valor cercano al promedio (101.4%). En este período, Campeche experimentó su sexto verano más lluvioso, al mismo tiempo Colima y Morelos registraron su verano más lluvioso; en esta última entidad llovió más del doble de lo que normalmente llueve. En el extremo opuesto, Nuevo León registró su décimo verano más seco, San Luis Potosí el noveno y la Ciudad de México el octavo.

El otoño, considerado de septiembre a noviembre fue el 27° más lluvioso, con un acumulado a nivel nacional de 257.4 mm que equivale al 102.6% de la lluvia promedio. Lluvias por arriba del promedio se observaron en el noreste, occidente, centro, oriente y en porciones del sur y de la Península de Yucatán. En el occidente, Jalisco experimentó su décimo otoño más lluvioso, Nayarit su quinto y Colima su cuarto período más húmedo. Por otra parte Morelos, en el centro del país alcanzó su cuarto otoño más lluvioso y en el oriente, Veracruz el séptimo más lluvioso. En contraste, la Ciudad de México experimentó su décimo otoño menos lluvioso y Sonora su tercer período septiembre-noviembre menos húmedo.

En el Anexo 1 de la Sección 5 se muestra la precipitación nacional y por entidad federativa de enero a diciembre de 2017. De los 32 estados, once finalizaron el año con más de 1000 mm de lluvia, en orden decreciente son: Tabasco (2013.9 mm) Chiapas (1994.0 mm), Morelos (1949.5 mm), Veracruz (1730.9 mm), Colima (1728.9 mm), Oaxaca (1440.8 mm), Campeche (1407.3 mm), Quintana Roo (1406.8 mm), Puebla (1402.3 mm), Nayarit (1228.2 mm), Guerrero (1161.1 mm) y Yucatán (1120.5 mm).

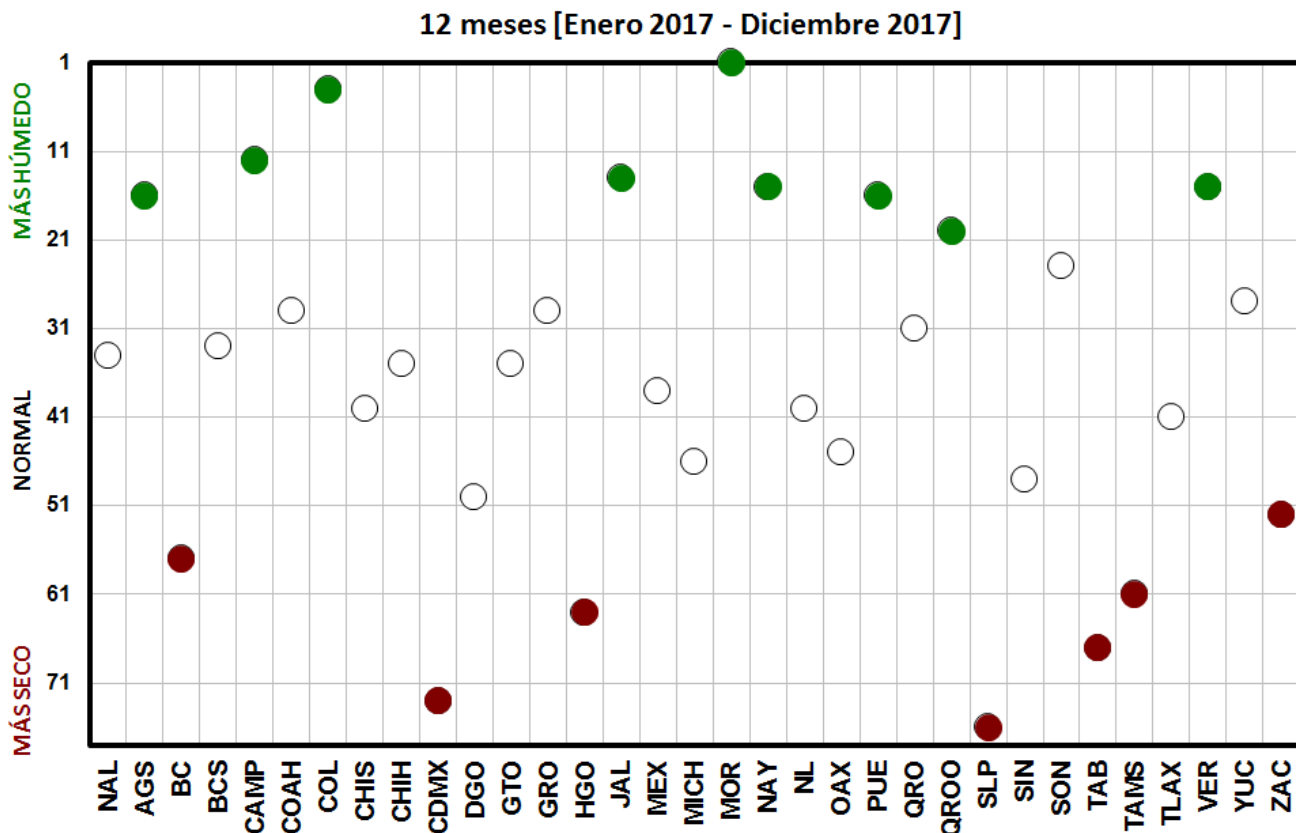


Fig. 10. Clasificación de lluvias a nivel nacional y estatal para la escalas de tiempo de enero a diciembre de 2017. Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En tanto que ocho estados registraron menos de 500 mm de lluvia anual, en orden ascendente fueron Baja California (131.8 mm), Baja California Sur (174.8 mm), Coahuila (358.6 mm), Sonora (450.6 mm), Chihuahua (453.8 mm), Durango (454.6 mm), Zacatecas (467.2 mm) y la Ciudad de México (488.0 mm). A pesar de que Tabasco fue el estado que recibió la mayor cantidad de lluvia acumulada en el año, registró su decimoprimer año más seco.

Durante el año, existe una o más combinaciones de sistemas meteorológicos que producen importantes cantidades de precipitación, tales como huracanes, frentes fríos y sistemas de baja presión. Los máximos valores puntuales de lluvia a nivel nacional entre enero y abril normalmente son a consecuencia de los sistemas frontales de la temporada invernal y de mayo a septiembre debido a sistemas tropicales. En el último trimestre de 2017 de octubre a diciembre los sistemas frontales fueron los principales generadores de lluvia en el país. A continuación se describen los máximos de lluvia acumulados en un día para cada mes durante 2017.

El 7 de enero se acumularon 431.5 mm en Zacajtic, Chiapas, debido al frente frío número 21; 104.5 mm en La Cangrejera, Ver., el 16 de febrero por el frente frío número 28 y 133.0 mm en Agua Dulce, Ver., el 3 de marzo a consecuencia del sistema frontal número 39. El 6 de abril se reportaron 402.0 mm en Tapijulapa, Tabasco, debido al frente frío número 39.

Durante mayo, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se ubicó sobre Chiapas. El 18 de este mes, se reportó la lluvia máxima a nivel nacional de mayo de 280.0 mm Escuintla, Chiapas. El primero de junio, la tormenta tropical *Beatriz* dejó lluvias de 280.0 mm en Puerto Ángel, Oaxaca. En julio se reportaron 259.7 mm en la estación de Laguna de Catemaco, Veracruz, producto de la onda tropical número 26.

En agosto, la lluvia máxima de 404.0 mm del día 9 en Las Vigas de Ramírez, Veracruz, se debió al paso del huracán *Franklin*. A finales de este mes, la tormenta tropical *Lidia* dejó 400.0 mm en Cabo San Lucas, Baja California Sur el 31 de agosto, cantidad que representó el 156% de la lluvia anual en la región de Los Cabos.

El 27 de septiembre, una sistema de baja presión con un 10% de potencial ciclónico al sur de Oaxaca dejó 281.9 mm en Papaloapan, Oaxaca; mientras que en octubre, el máximo valor puntual de 441.0 mm del 18 de octubre en PB1-La Cangrejera, Veracruz, fue producto del frente frío número 5 de la temporada invernal 2017-2018. El 12 de noviembre, en Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo se registró la máxima lluvia de noviembre de 118.8 mm, debido a una zona de inestabilidad atmosférica superior localizada en el suroeste del Golfo de México. Por último, el frente frío No. 14, ocasionó el máximo valor de lluvia de diciembre de 110.4 mm el día 6 en Misantla, Veracruz. Para mayor información se recomienda consultar la Sección **Eventos Notables** en este Reporte, donde se documentan las afectaciones que ocasionaron algunos de estos máximos valores en los estados del país.

La Fig. 11 muestra las láminas diarias de precipitación a nivel nacional durante 2017 (barras azules), en ella destaca el valor del 27 de septiembre con 11.1 mm a nivel nacional que se identificó como el día más lluvioso del año. Como se observa en la Fig. 12, estas lluvias se distribuyeron al menos en tres cuartas partes del país, con el máximo valor puntual reportado en la región del Papaloapan, en el norte de Oaxaca.

Al comparar al lluvia total de 2017 con los registros anuales desde 1941, se observa que el año más lluvioso es 1958 con 997.8 mm y una anomalía 27% por arriba del promedio y el año menos lluvioso fue el de 1945 con 638.8 mm y anomalía de 18.1% por debajo del promedio (Fig. 13). El total de lluvia del año 2017 fue de 781.5 mm, valor ligeramente mayor al promedio de 1941-2016 de 780.0 mm y una anomalía de 0.1% por arriba del promedio.

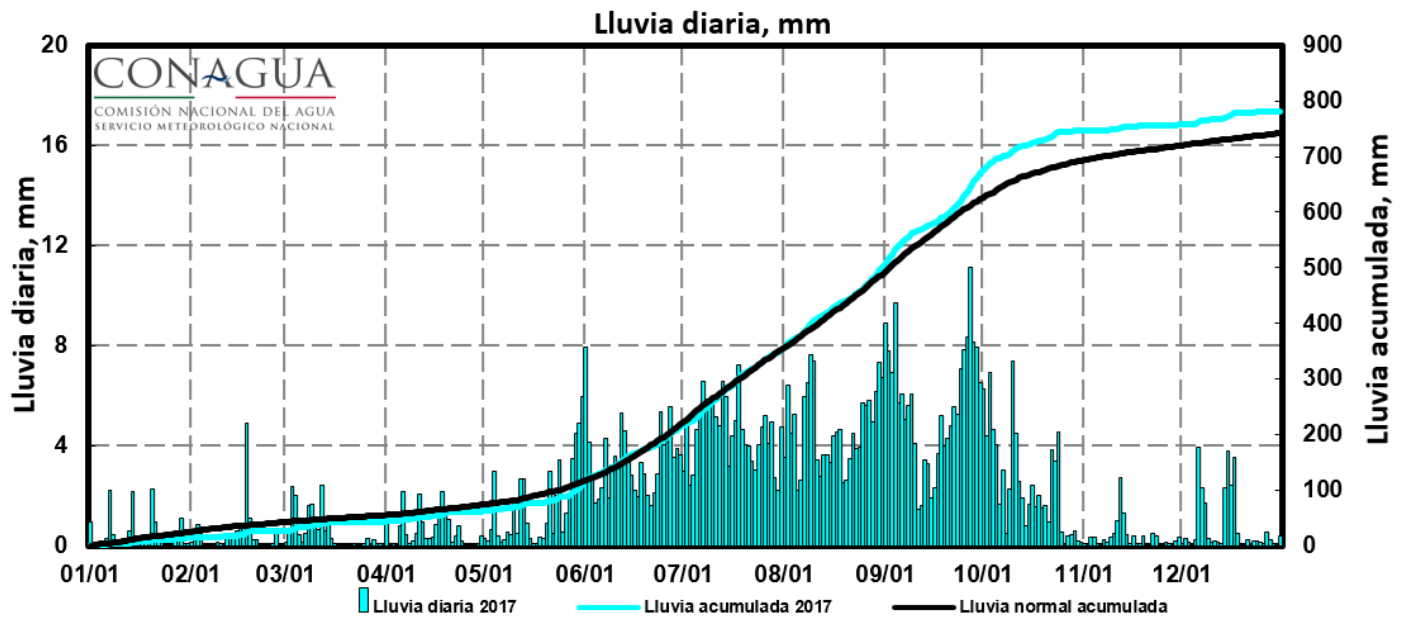


Fig. 11. Láminas diarias de precipitación a nivel nacional (barras azules) del 1 de enero al 31 de diciembre de 2017 y láminas acumuladas para el mismo periodo en 2017 (línea azul) comparado con el acumulado normal (línea oscura). Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

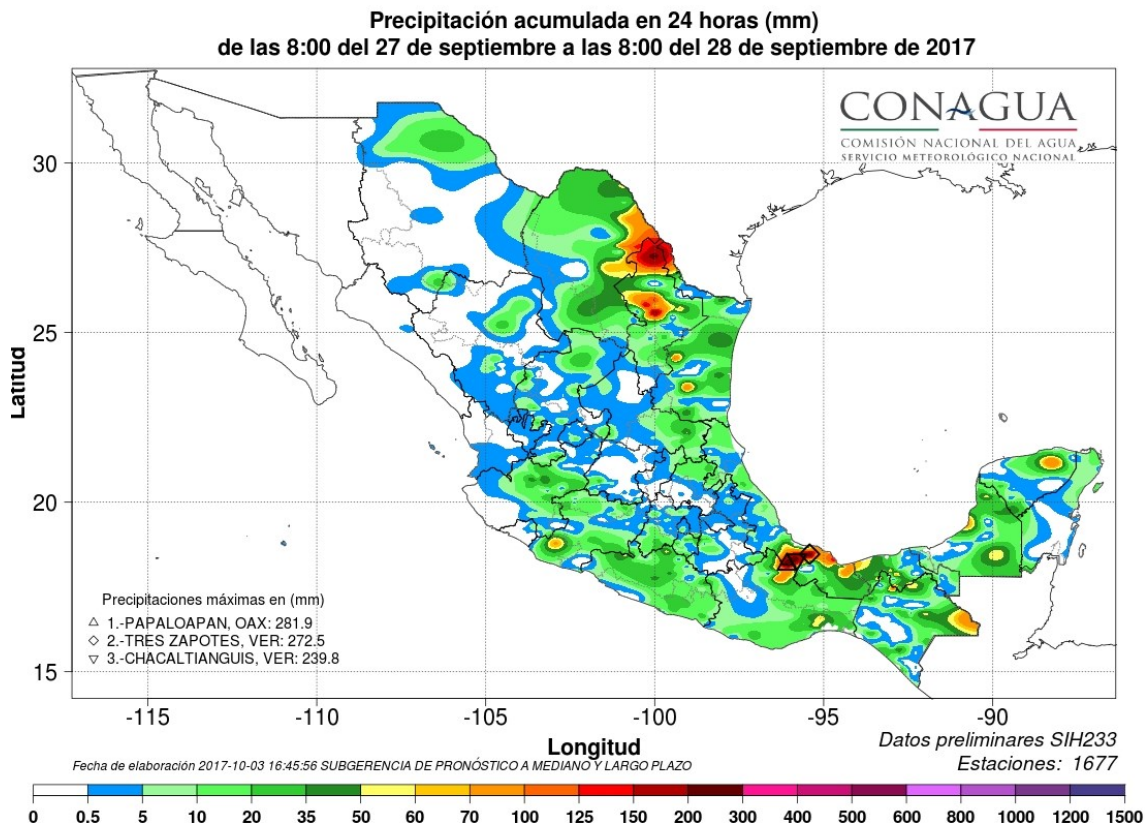


Fig. 12. Distribución de lluvias del 27 de septiembre de 2017, señalado como el más lluvioso de 2017. Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

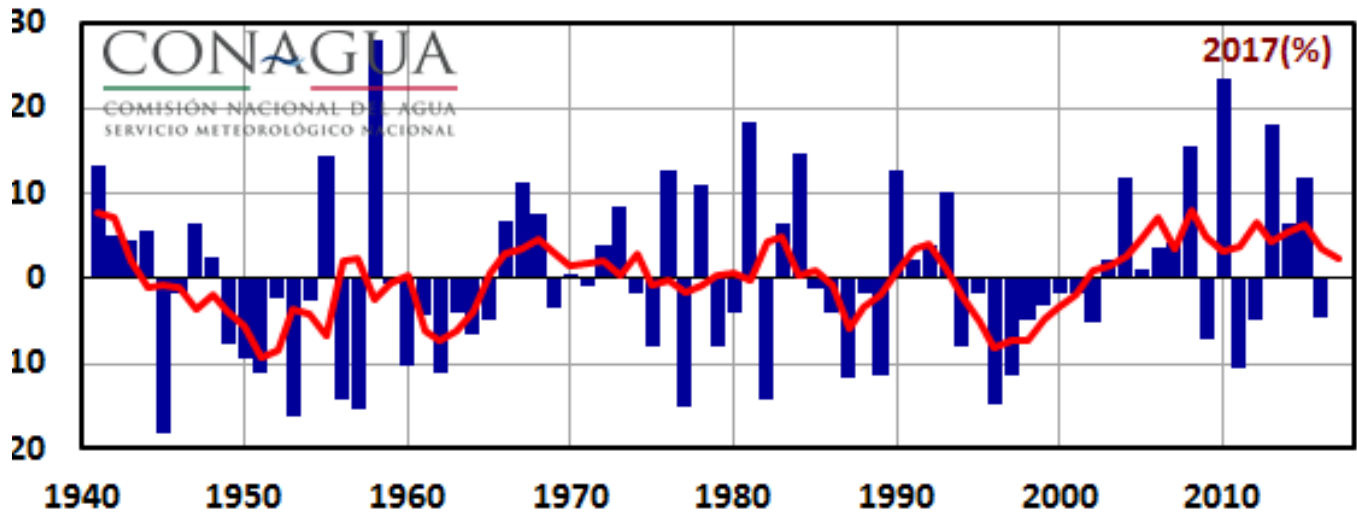


Fig. 13. Anomalías de precipitación a nivel nacional anual (barras azules), media móvil de cinco años (línea roja).

Ciclones tropicales en 2017

Diecinueve ciclones tropicales se formaron en la cuenca del Atlántico y veinte en el Pacífico durante 2017. De ellos, solo cuatro entraron o se aproximaron al territorio nacional proveniente del Atlántico y seis desde el Pacífico. En 2017, la temporada de huracanes inició antes de lo habitual, que es a mediados de mayo, el 19 de abril cuando se formó el ciclón *Arlene* en el Atlántico, muy lejos de las costas nacionales. El primer ciclón cercano a México fue la tormenta tropical *Adrian* formado el 9 de mayo de 2017 al sureste de Chiapas. Los diez ciclones que entraron o pasaron cerca del país por ambas cuencas es una cifra inferior a los quince eventos que normalmente ocurren de acuerdo con el promedio 1971-2012. La cantidad de ciclones en el Pacífico que se aproximaron a México (Fig. 14), fue mayor que lo observado en 2016, cuando solo 3 ciclones se acercaron o impactaron, pero fue menor que los años 2014 y 2015, cuando arribaron 14 y 9 ciclones, respectivamente (Fig. 14). De todos ellos, el huracán *Franklin* dejó la mayor cantidad de lluvias en un día en su arribo al estado de Veracruz el 9 de agosto. A continuación se describen los ciclones tropicales de mayor trascendencia hacia el país.

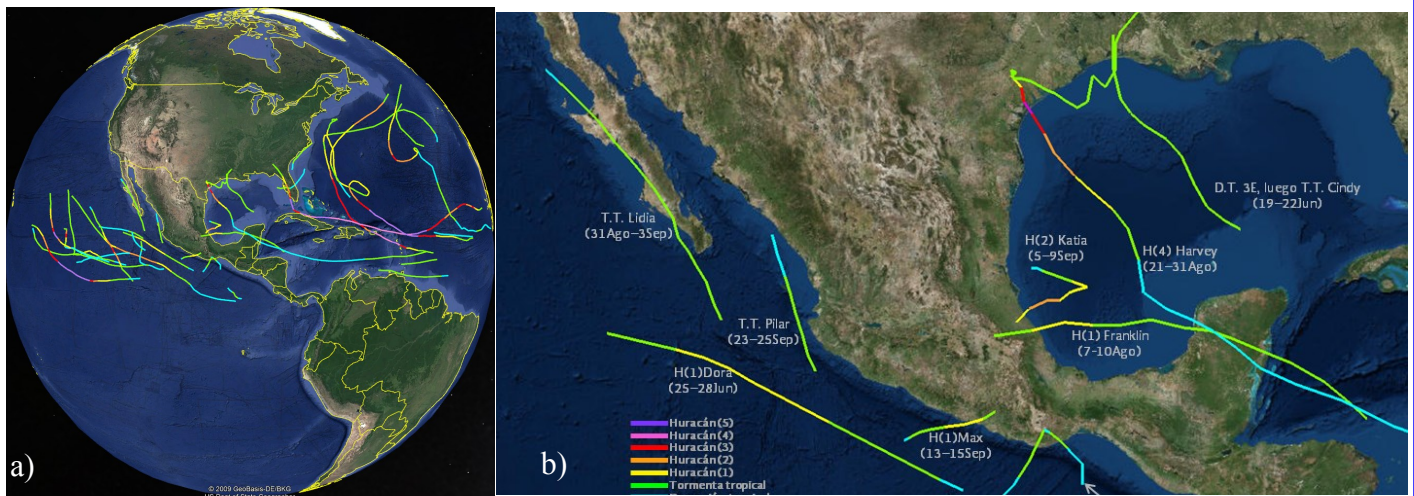


Fig. 14. a) Ciclones tropicales en el Pacífico Nororiental y Atlántico. b) Trayectorias de ciclones tropicales cercanas a la República Mexicana

Pacífico Nororiental

Tormenta tropical *Beatriz* (31 mayo–2 junio). Sus inicios como baja presión se remontaron al 28 de mayo, pero hacia el 31 de mayo se convirtió en tormenta tropical a 65 km al oeste-suroeste de Puerto Ángel, Oax., y a 355 km al este-sureste de Acapulco, Gro. *Beatriz* tocó tierra el primero de junio de 2017 sobre la línea costera de Oaxaca, aproximadamente a las 20:00 horas entre Puerto Ángel y playas de Zipolite y sus remanentes permanecieron hasta el 2 de junio en la región central de Oaxaca. Los principales acumulados de lluvia entre el 31 de mayo y el 2 de junio se reportaron en las estaciones climatológicas de Km. 31+160 (municipio de Asunción Ixtaltepec) con 516.5 mm, en Huatulco con 496.3 mm y en Puerto Ángel con 388.6 mm (Fig. 15a).

Tormenta tropical *Calvin* (10–14 junio). Como sistema de baja presión se identificó desde el 10 de junio y como depresión tropical un día después. Evolucionó a tormenta tropical el 12 de junio a 80 km al sur-suroeste de Salina Cruz y 110 km al este-sureste de Puerto Ángel, en Oaxaca. Esta tormenta tocó tierra el 12 de junio y de inmediato se degradó a depresión tropical, sus remanentes se hicieron notar hasta el 13 de junio. Las máximas acumulaciones de lluvias durante el período más activo de la tormenta (del 10 al 12 de junio) se registraron en la costa de Oaxaca, donde las estaciones de Salina Cruz, Cozoaltepec y Km. 31+160 (municipio de Asunción Ixtaltepec) reportaron 371 mm, 244.2 mm y 217.7 mm, respectivamente (Fig. 15b). Esta tormenta, así como *Beatriz* aportaron la lluvia necesaria para mitigar algunos efectos de la sequía en el Istmo de Tehuantepec.

Huracán *Dora* (23–27 junio). No fue un huracán que impactara la República Mexicana, sin embargo debido a su paso aportó lluvias que fueron benéficas para el sur del territorio nacional. También fue el primer ciclón que alcanzó la categoría de huracán en este año. En su etapa de formación propició nublados y lluvias que alcanzaron el norte de Oaxaca, al final de su trayectoria, las lluvias más sobresalientes ocurrieron en la costa de Jalisco. El 26 de junio se convirtió en el huracán *Dora* de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, a 275 km al sur-suroeste de Manzanillo, Colima y a 415

km al sur de Cabo Corrientes, Jalisco, se convirtió en el primer huracán en la temporada 2017 del Pacífico nororiental. Avanzó paralelo a las costas del Pacífico mexicano. El 27 de junio se degradó a tormenta tropical y continuó su avance alejándose de las costas nacionales a 400 kilómetros al sur de Cabo San Lucas, B.C.S., sus remanentes se debilitaron el 28 de junio al suroeste de la Península de Baja California. A pesar de varios días de trayectoria cercana a las costas nacionales dejó pocas lluvias con respecto a lo esperado, con el máximo acumulado de 340.7 mm en cinco días en la estación climatológica de El Cuale, en la región de Puerto Vallarta, Jalisco (Fig. 15d).

Tormenta tropical Lidia (30 agosto–2 septiembre). Sus orígenes se remontaron al 29 y 30 de agosto cuando se convirtió en tormenta tropical 290 km al sur-sureste de Cabo San Lucas, B.C.S., y a 325 km al oeste de Cabo Corrientes, Jal. Avanzó al sur de la Península de Baja California, donde ingresó en la región de Los Cabos, el 1 de septiembre (Fig. 15h). La nubosidad se extendió hasta el norte de Sinaloa, pero las mayores acumulaciones de lluvia fueron en el sur de Baja California, donde la estación automática de Sierra La Laguna reportó 479.8 mm, mientras que la estación climatológica de Cabo San Lucas reportó 452 mm acumulados entre el 30 de agosto y el 2 de septiembre; en esta última, la cantidad representó el 177% de la lluvia anual del promedio 1981-2010.

Huracán Max (13–15 septiembre). Fue un ciclón de rápida formación y desarrollo. Como depresión tropical se localizó al sur de las costas de Guerrero el 13 de septiembre y ese mismo día se convirtió en tormenta tropical al suroeste de Acapulco, Gro. La mañana del 14 de septiembre evolucionó a huracán categoría 1 (escala Saffir-Simpson) provocando lluvias y vientos fuertes y oleaje elevado en las costas de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Impactó en la costa Guerrero, al sur de la Laguna de Chautengo la tarde del 14 de septiembre y se degradó rápidamente a tormenta y depresión tropical el 15 de septiembre. Sus lluvias alcanzaron los límites de Oaxaca, Guerrero y Puebla la noche del 15 de septiembre. Las lluvias acumuladas máximas asociadas a este huracán se reportaron en Ayutla, Las Vigas y Ometepe, todas en Guerrero, con acumulados de 289.9 mm, 266.0 y 257.5 mm, respectivamente del 12 al 15 de septiembre (Fig. 15i).

Tormenta tropical Pilar (23–24 septiembre). Fue otro ciclón tropical que no ingresó al territorio nacional pero su aportación de lluvias y humedad fue importante para las costas del Pacífico mexicano. En su etapa previa (disturbio y sistema de baja presión) aportó humedad a las costas de Guerrero y Oaxaca entre el 21 y 23 de septiembre. La noche del 23 de septiembre se convirtió en tormenta tropical a 195 km al sureste de Cabo Corrientes, Jalisco. Al 24 de septiembre avanzó paralelo a las costas de Nayarit y un día después avanzó paralelo a las costas de Sinaloa a la altura de Mazatlán, pero como depresión tropical y la tarde de ese mismo día sus remanentes se ubicaron a 100 km al noroeste de Mazatlán (Fig. 15j).

Atlántico

Depresión tropical 3-E, posteriormente tormenta tropical Cindy (17–21 junio). Aunque la tormenta tropical se formó hasta el 20 de junio en aguas del Golfo de México, previo a esa formación (como disturbio y sistema de baja presión) dejó importantes lluvias en la Península de Yucatán hacia el 17 de junio, con acumulados de 203.1 mm en Cancún y 181.4 mm en La Unión, ambos en Quintana Roo, además de 164.0 mm Valladolid, Yucatán. *Cindy* alcanzó la categoría de tormenta tropical al mediodía del 20 de junio a 520 km al norte de Puerto Progreso, Yucatán y a 430 km al sur de Ciudad Morgan, Luisiana, en los Estados Unidos (Fig. 15c).

Huracán Franklin (7–10 agosto). La principal característica de este ciclón fue su doble impacto en la República Mexicana. Se identificó como tormenta tropical el 7 de agosto en aguas del mar Caribe. El 8 de agosto tocó por primera vez las costas del territorio nacional en el sur de Quintana Roo. Posteriormente cruzó la Península de Yucatán, se internó en el Golfo de México donde se intensificó y se convirtió en huracán de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson e impactó por segunda ocasión las costas nacionales, pero ahora en el norte del estado de Veracruz hacia el 9 de agosto. *Franklin* alcanzó una presión mínima de 987 mb cuando alcanzó la Categoría 1 a las 18Z del 9 de agosto y velocidad de viento de 75 km/h a las 00Z del 10 de agosto. Con respecto a las lluvias asociadas a este huracán, se tuvieron reportes de 168.1 mm en Cozumel, Q. Roo 166.0 mm en Campeche y 123.6 mm en Noh-Yaxche, en el estado de Campeche durante el primer día de impacto en la Península de Yucatán. En el segundo impacto, dejó precipitaciones de 404.0 mm en Las Vigas de Ramírez, 320.0 mm en Acatlán y 303.2 mm en La Joya; estaciones localizadas en el centro-norte de

de Veracruz. De manera general, durante los tres días de incidencia, del 8 al 10 de agosto, se reportaron acumulados de 410.0 mm, 326.5 mm y 322.8 mm en las estaciones de Las Vigas de Ramírez, Acatlán y La Joya, todas en Veracruz (Fig. 15e).

Huracán Harvey (21– 22 agosto): Fue un ciclón tropical que tuvo dos etapas, la primera del 17 al 19 de agosto como tormenta tropical en el Mar Caribe, muy lejos de las costas nacionales. Del 20 al 21 del mes continuó como baja presión remanente asociada a una muy activa onda tropical y se acercó a las costas de Quintana Roo con alto potencial para desarrollarse nuevamente como ciclón tropical. La segunda etapa como ciclón fue hasta el 23 de agosto, que esta baja remanente se intensificó nuevamente como depresión tropical a 230 km al oeste-noroeste de Celestún, Yuc., y a 275 km de noroeste de Campeche. Hacia el día 24, se intensificó a tormenta tropical y alcanzó la categoría 1 en aguas del Golfo de México a 440 km al este-sureste de Matamoros, Tamps. Cuando alcanzó la Península de Yucatán con características de disturbio o baja remanente dejó precipitaciones acumuladas en esos dos días de 134.1 mm en Ticul, Yucatán, así como 100.6mm y 93.8 mm en Yohaltum y Xcupil, en Campeche (Fig. 15f).

Huracán Katia (5-9 septiembre). Se formó a partir de la depresión tropical No. 13 el 5 de septiembre en aguas del Golfo de México, tuvo un desplazamiento errático debido a que interactuó con un sistema frontal número. La mañana del 6 de septiembre alcanzó la categoría de tormenta tropical a 165 km al este de Tampico, Tamaulipas y a 120 km al este-noreste de Cabo Rojo, Veracruz; y por la tarde alcanzó la categoría de huracán categoría 1 a 295 km al este de Tampico, Tamaulipas y a 300 km al noreste de Veracruz, Ver. Con esta categoría se mantuvo estacionario hasta el día 8 cuando se intensificó a huracán categoría 2 a 130 km al noreste de Barra de Nautla y a 205 km al noreste de Veracruz, Ver., y continuó su desplazamiento hacia el oeste rumbo a Barra de Nautla. Se debilitó a categoría 1 y tocó tierra la noche del 8 de septiembre en las inmediaciones de Rancho Nuevo, Ver. Posteriormente continuó su avance en tierra rumbo al norte de Puebla como tormenta tropical. Para el 9 de septiembre se degradó a depresión tropical y sus remanentes abarcaron el norte de Puebla y noreste (Fig. 15g).

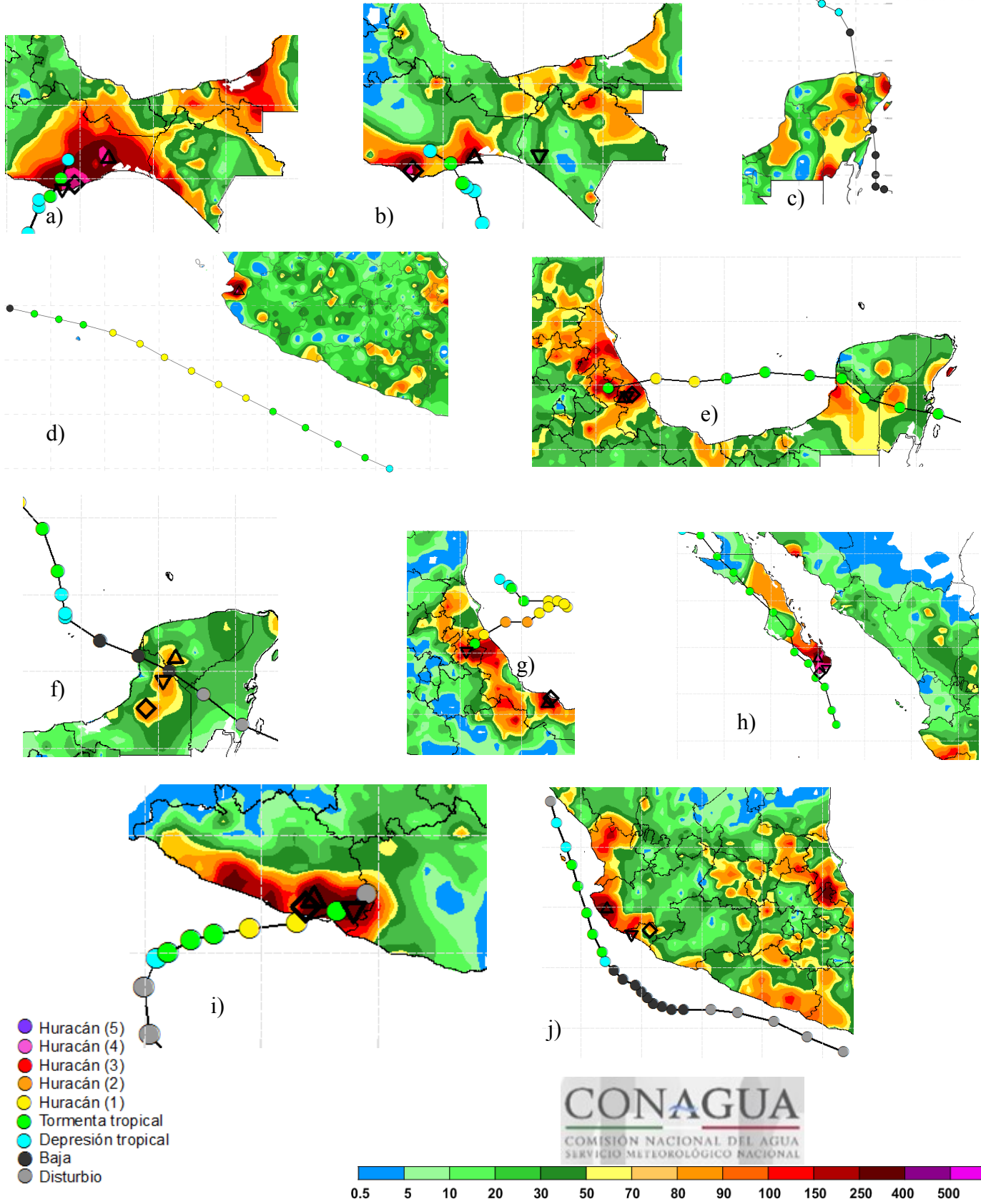


Figura 15. Trayectoria y precipitación acumulada (durante su trayectoria) en mm por ciclones tropicales del Pacífico Nororiental y Atlántico (Caribe) que incidieron sobre la República Mexicana en 2017. a) tormenta tropical Beatriz, b) tormenta tropical Calvin, c) depresión tropical 3E antes de convertirse en tormenta tropical Cindy, d) huracán Dora, e) huracán Franklin, f) huracán Harvey (antes de convertirse), g) huracán Katia, h) tormenta tropical Lidia, i) huracán Max y j) tormenta tropical Pilar.

Canícula o sequía de medio verano en 2017

Se monitoreó el inicio y fin de la canícula o sequía de medio verano en regiones del occidente, centro, oriente, sur y sureste de México. La canícula consiste en una disminución de la cantidad de precipitación en la mitad de la temporada de lluvias, principalmente ocurre en los meses cálidos de julio y agosto. El inicio y término de la canícula así como su duración varía en cada año debido entre otros factores a la actividad de los sistemas tropicales, la intensidad y amplitud de un sistema de alta presión que se extiende en gran parte del país y una parte en el Océano Pacífico después de junio, que a su vez ocasiona condiciones de tiempo estable e inhibe la formación de lluvias.

Para el seguimiento de la canícula en las zonas mencionadas se utilizaron diez de las 24 divisiones climáticas obtenidas por Arthur Douglas (dieciocho en 1998 y 6 más agregadas en 2009-2010). Para fines de este Reporte, las divisiones climáticas se enumeraron de oriente a occidente y de sur a norte como se observa en la Fig. 16. Para detectar el inicio y fin de la canícula se seleccionaron alrededor de 100 estaciones que además de medir la precipitación en tiempo real, tuvieron al menos 80% de datos históricos en los últimos 30 años. La precipitación de 2017, se obtuvo de la base de datos SIH de la Comisión Nacional del Agua.

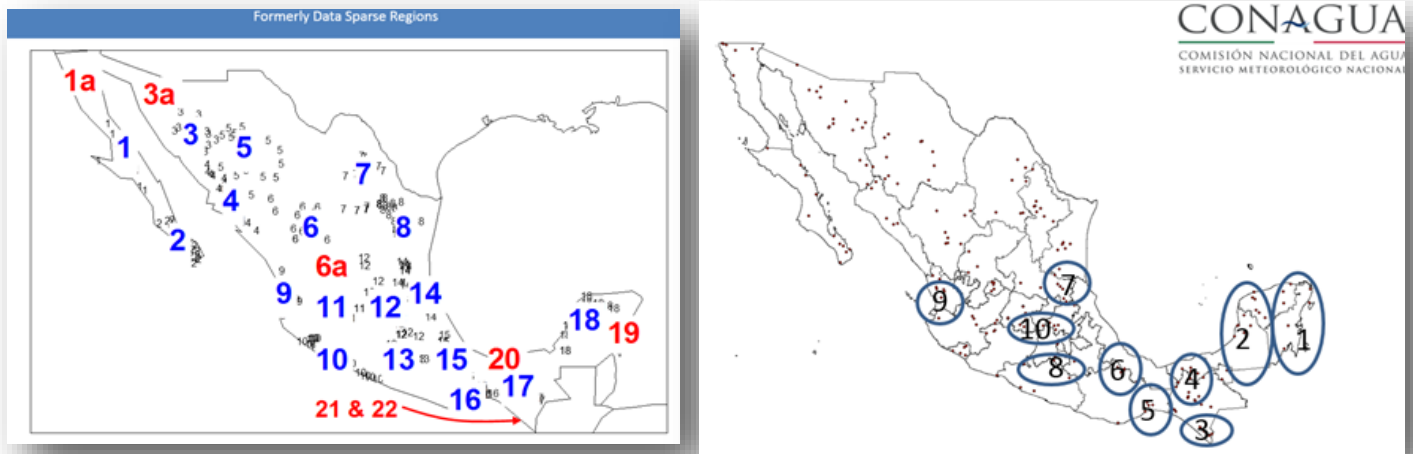


Fig. 16. Divisiones Climáticas Art Douglas y Phil Englehart. Creighton University

Para calcular el inicio de la canícula, se realizaron gráficas decenales y mensuales de cada división climática durante la temporada de lluvias y de todo el año (Fig. 17 y 18). En el año de 2017, la canícula inició en la segunda decena de junio en el oriente de la Península de Yucatán, Costa oriente de Oaxaca y Costa occidente de Chiapas. En el occidente de la Península de Yucatán, Tabasco y Norte de Chiapas este fenómeno inició en la tercera decena de junio y en la primera decena de julio en la Costa Sur de Chiapas. La región limítrofe entre Veracruz y Oaxaca, el sur de Tamaulipas y porciones de San Luis Potosí e Hidalgo, el norte de Guerrero, Sur del Estado de México, Morelos y el Occidente de Puebla tuvieron su disminución de lluvias en la segunda decena de julio, en tanto que para el Norte de Veracruz, Oriente de Guanajuato y Querétaro fue en la tercera decena de julio. El término de este fenómeno fue paulatino a partir de la primera decena de agosto, sin embargo en algunas regiones de Oaxaca y Chiapas finalizó entre la primera y segunda decena de septiembre. Por otra parte en Nayarit y Occidente de Jalisco no fue claro el inicio de la canícula debido a que no se observó el típico descenso de las lluvias durante el período canicular.

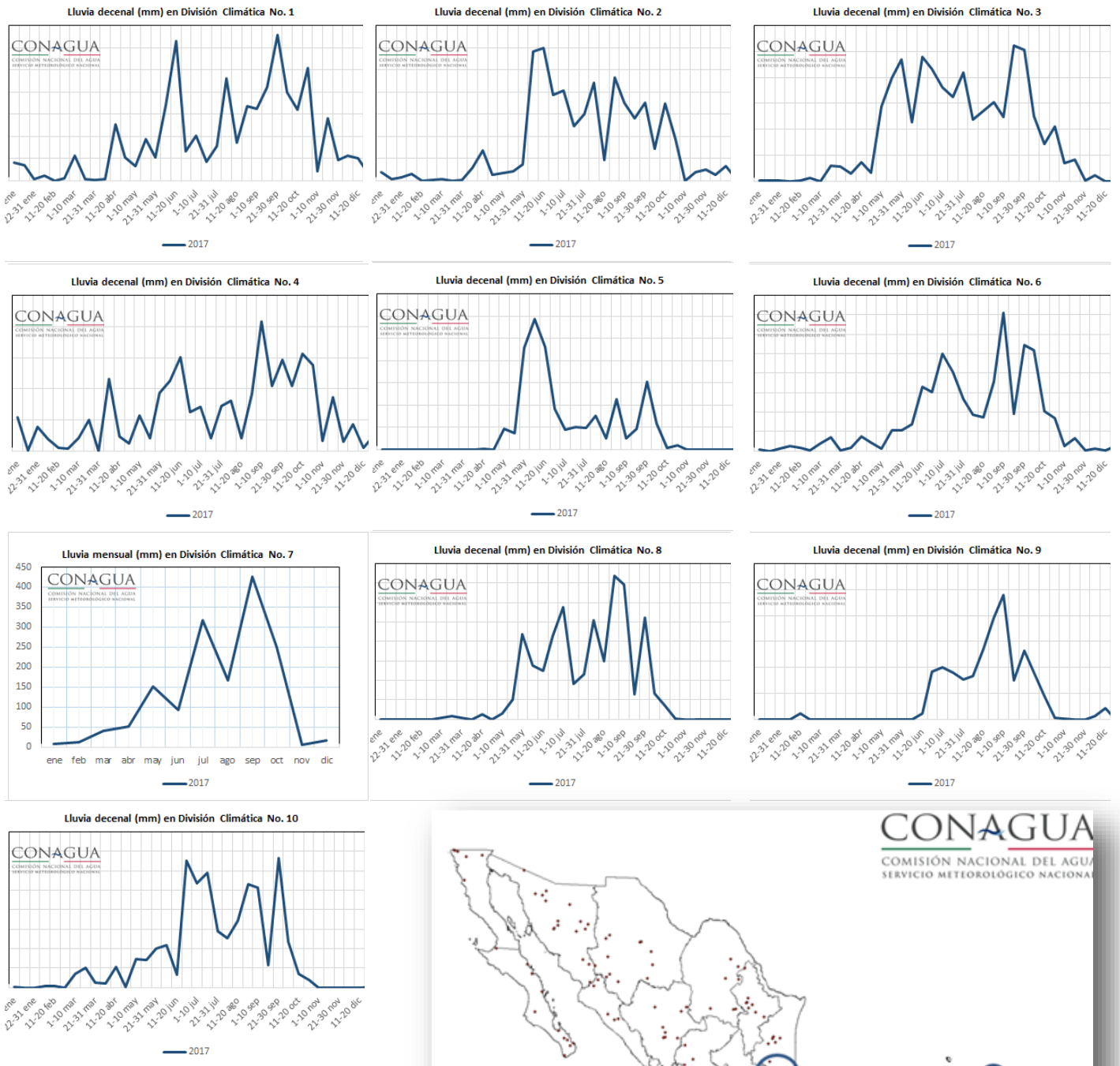


Fig. 17. Lluvia decenal de 2017 en diez divisiones climáticas. Datos de precipitación obtenidos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-CONAGUA



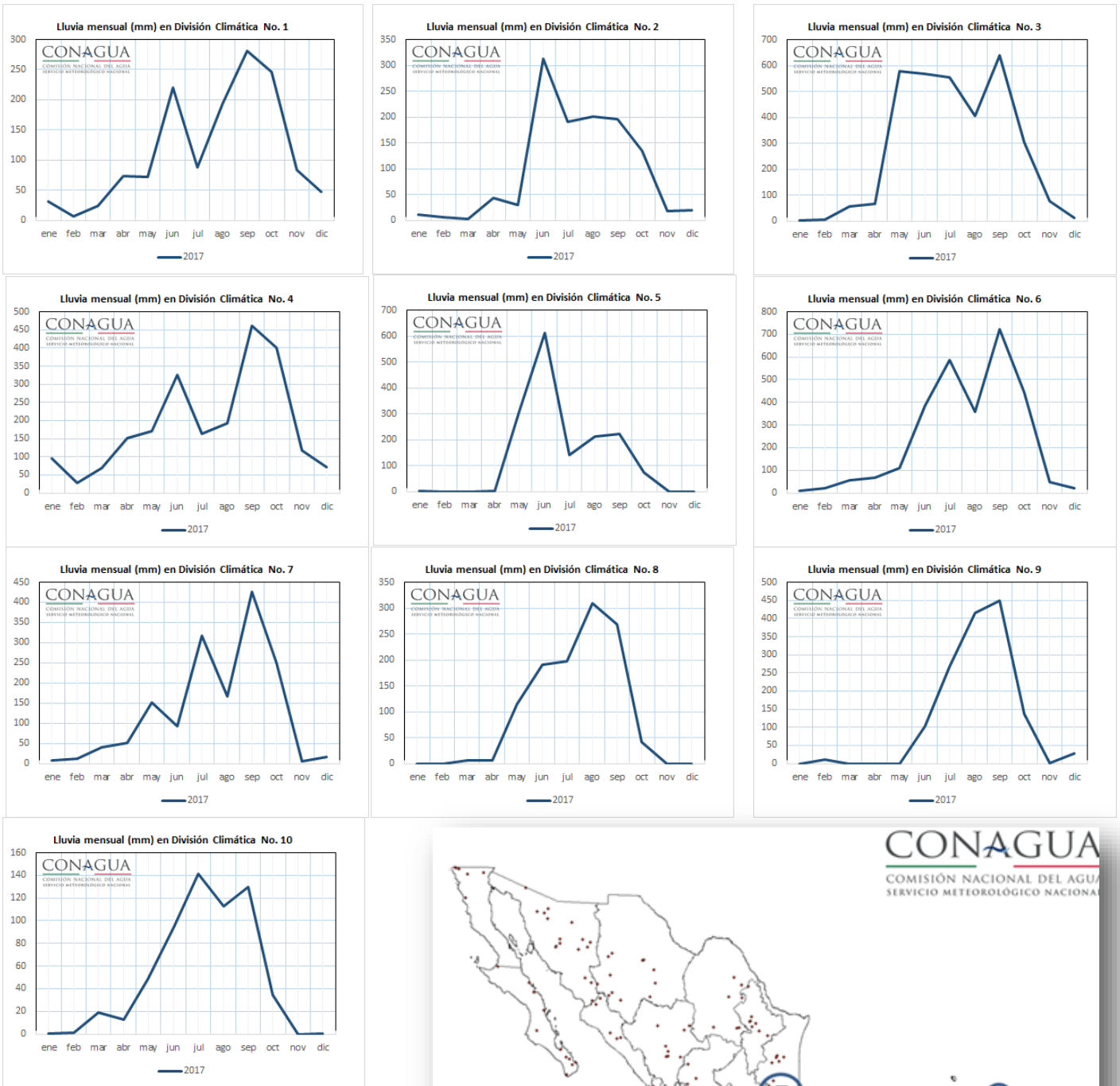


Fig. 18. Lluvia mensual de 2017 en diez divisiones climáticas. Datos de precipitación obtenidos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-CONAGUA



Evolución de la sequía en 2017

Porcentaje de área con sequía en México en 2017

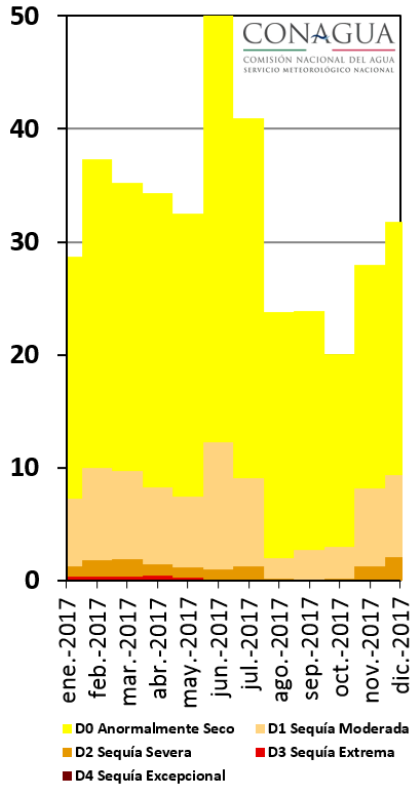


Fig. 19. Porcentaje de área afectada con sequía a nivel nacional de enero a diciembre de 2017. Fuente: Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

A inicios de año, en enero de 2017, el área con sequía (D1– moderada a D3-extrema) fue de 8.9% a nivel nacional, 5.0% más que el inicio del año anterior (2016). Durante 2017, el país se mantuvo libre de sequía excepcional (D4), sin embargo, en los primeros meses del año se observó sequía extrema en el sur del país (Fig. 19).

Oaxaca fue el único estado con sequía extrema (D3) y cubría el 5.8 % de su superficie a inicios del año. Enero de 2017 se clasificó como el decimosegundo enero más seco desde 1941 a nivel nacional, por lo que en este mes las mayores áreas con sequía se observaron en el noroeste del país, en Tamaulipas, Guerrero, Oaxaca, Tabasco y en la Península de Yucatán (Fig. 20a). El trimestre febrero–marzo–abril se ubicó como el 36° trimestre más seco de los registros 1941–2017, las áreas anormalmente secas y con sequía desde moderada (D1) hasta extrema (D3) permanecieron con mínimos cambios durante este período, solo con un ligero incremento en la zona central del territorio nacional.

En mayo con el inicio de la temporada de lluvias y la presencia de dos ciclones tropicales (*Beatriz* del 31 de mayo al 2 de junio y *Calvin* del 10 al 12 de junio), la sequía extrema que se presentó en Oaxaca desde diciembre de 2016 desapareció, sin embargo, a pesar de que las lluvias fueron favorables en el sur del país, los déficits se observaron en el centro, occidente y noroeste del país, por lo que el 30 de junio de 2017 se registró el mayor porcentaje (12.28 %) de sequía (D1 – D2) de este año (Fig. 20b). Las lluvias del siguiente trimestre, julio–agosto–septiembre, fueron benéficas para gran parte del país, en octubre se observó el menor porcentaje de áreas con sequía desde moderada (D1) a severa (D2) de 2017, solo el 1.4 de la superficie nacional presentaba esta condición en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Durango, Tamaulipas y San Luis Potosí.

En noviembre 2017, las lluvias fueron deficitarias en gran parte del país, este mes se clasificó como el tercer noviembre más seco desde 1941. En diciembre las lluvias ocurrieron por arriba de lo normal en el centro y norte del país, mientras que el resto del territorio nacional tuvo lluvias por debajo del promedio. Por ello, al finalizar el año se registró un incremento de áreas con sequía en comparación con el mes de octubre, principalmente en el noroeste del país. En diciembre de 2017 la sequía severa (D2) cubrió el 22.2% de territorio de Sonora (Fig. 20c)

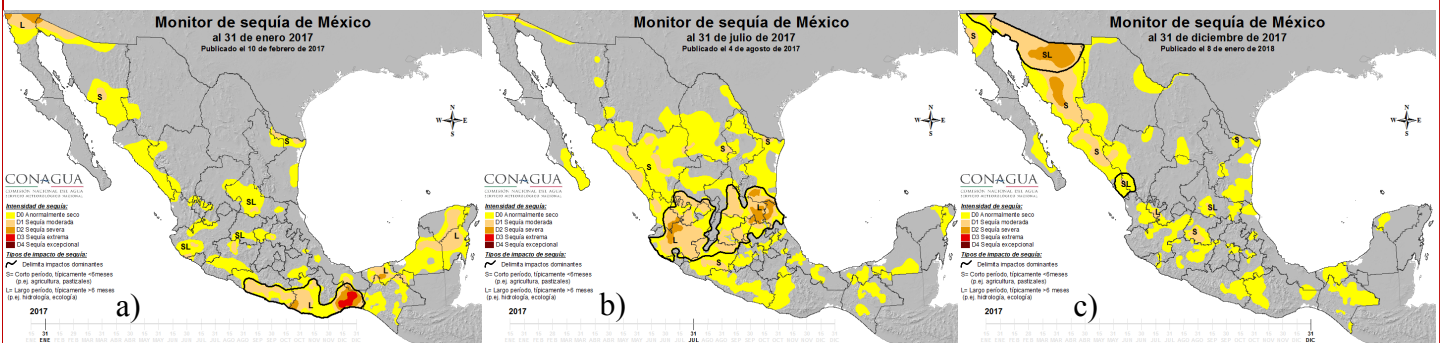


Fig. 20. Mapas del Monitor de Sequía en México: a) al 31 de enero de 2017, b) al 31 de julio de 2017 y c) al 31 de diciembre de 2017. Fuente: Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

En la Fig. 21, se muestran los porcentajes de área con sequía desde enero de 2003 hasta diciembre 2017 en Oaxaca, de acuerdo a las estadísticas del Monitor de Sequía en México, se observa que la sequía de 2016-2017, es hasta ahora la de mayor duración e intensidad en el estado. Para mayor información se recomienda consultar la página web del Servicio Meteorológico Nacional en su dirección electrónica <http://smn.conagua.gob.mx> en la sección de Climatología.

PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA CON SEQUÍA EN OAXACA, %

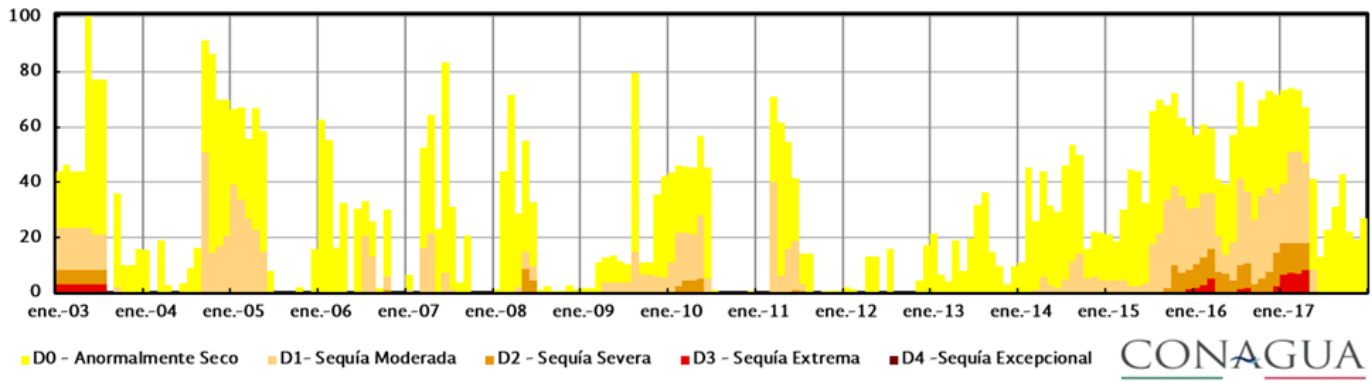


Fig. 21. Porcentaje de área con sequía en Oaxaca de enero de 2003 a diciembre de 2017. Fuente: Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

3. Temperatura

3.1 Temperatura media

Por cuarto año consecutivo el promedio de la temperatura media a nivel nacional ha sido clasificado como el más cálido para los registros desde 1971. De esta manera, el promedio nacional de 22.6 °C en 2017 superó por 1.6 °C al promedio anual entre 1981 a 2010, y por 0.2 °C el registro previo de 2016 (el anterior año más cálido). También continuó la tendencia de 14 años consecutivos con temperaturas por arriba del promedio (Fig. 22). Todos los meses de 2017 fueron más cálidos que el promedio, con marzo, junio y noviembre clasificados como los más cálidos de sus respectivos meses. Los promedios nacionales de 21.3 °C en marzo, 26.8 °C en junio y 20.5 °C en noviembre son los registros más altos para los mismos meses, de acuerdo con los datos desde 1971 (Fig. 23). De igual manera, el período entre julio-septiembre (verano) fue el tercer más cálido, solo por detrás de los mismos meses en 2015 y 2016. Junio tuvo también la anomalía positiva más alta de todos los meses del año, 2.6 °C más cálido que el promedio, cercano a ese valor, con +2.5 °C también quedaron julio y agosto (Fig. 24).

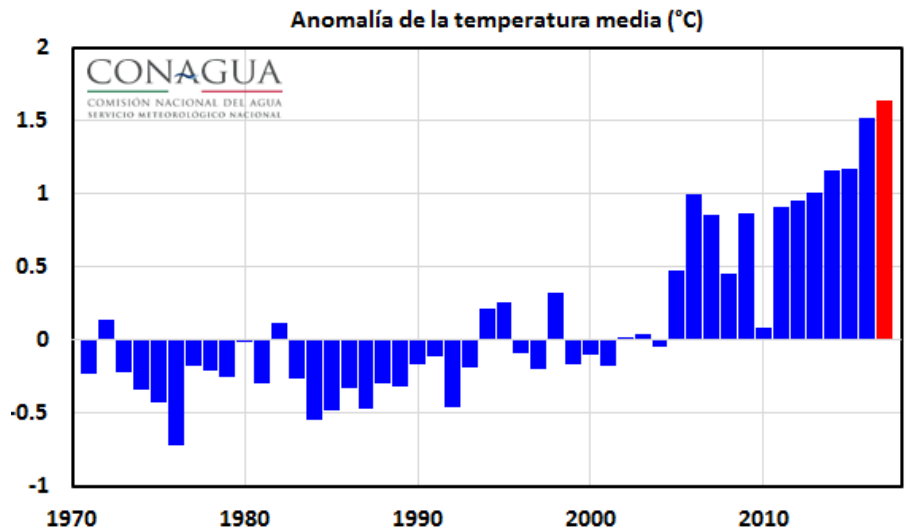


Fig. 22. Anomalía de la temperatura media anual en grados Celsius (°C), la barra en color rojo corresponde a la anomalía nacional estimada en 2017. Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

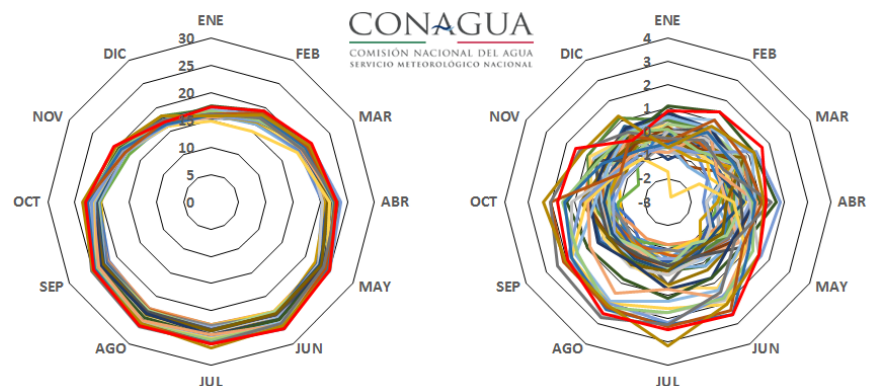


Fig. 23. A) Temperatura media mensual a nivel nacional de 1971 a 2017, la línea roja corresponde a 2017. B) Anomalías de la temperatura media mensual de 1971 a 2017 comparada contra el promedio 1981-2010, línea roja corresponde a 2017, donde destaca que los meses de marzo, junio y noviembre fueron los más cálidos desde 1971. Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

La temperatura media de 2017 fue por arriba del promedio en todo el país con pequeñas áreas más frescas en el centro del país. Los promedios más altos de temperatura media se ubicaron en las costas, como climatológicamente ocurre. Destacando valores anuales entre 27.5 a 30.0 °C en las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Quintana Roo. Por el contrario, las zonas del altiplano son las más frescas o menos cálidas. Promedios anuales entre 7.5 °C a 10.0 °C se ubicaron en el sur de Chihuahua y norte de Durango, además de una zona más extendida en un corredor desde el Estado de México hasta Puebla, que coincide con la zona del Eje Neovolcánico Transversal (Fig. 25). Ocho estados alcanzaron su año más cálido durante 2017. Con excepción de Quintana Roo en el sureste del país, los siete restantes estados cálidos se ubicaron del centro hacia el norte; Durango, Sinaloa, Nuevo León, Jalisco, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas. En el lado opuesto de la clasificación solo el Estado de México y Veracruz quedaron dentro de los 30 más frescos.

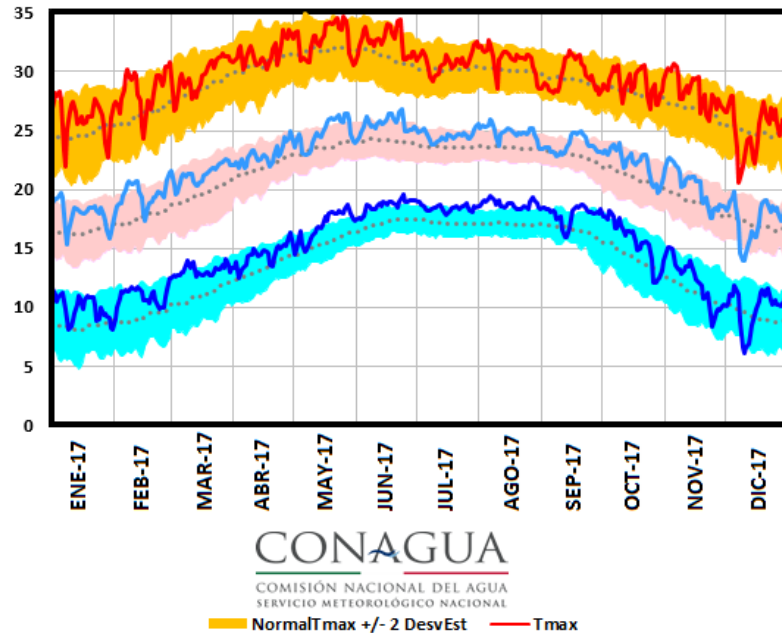


Fig. 24. Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional (°C) de enero a diciembre de 2017. Los umbrales para las desviaciones estándar fueron calculados con respecto a la normal 1981-2010. Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

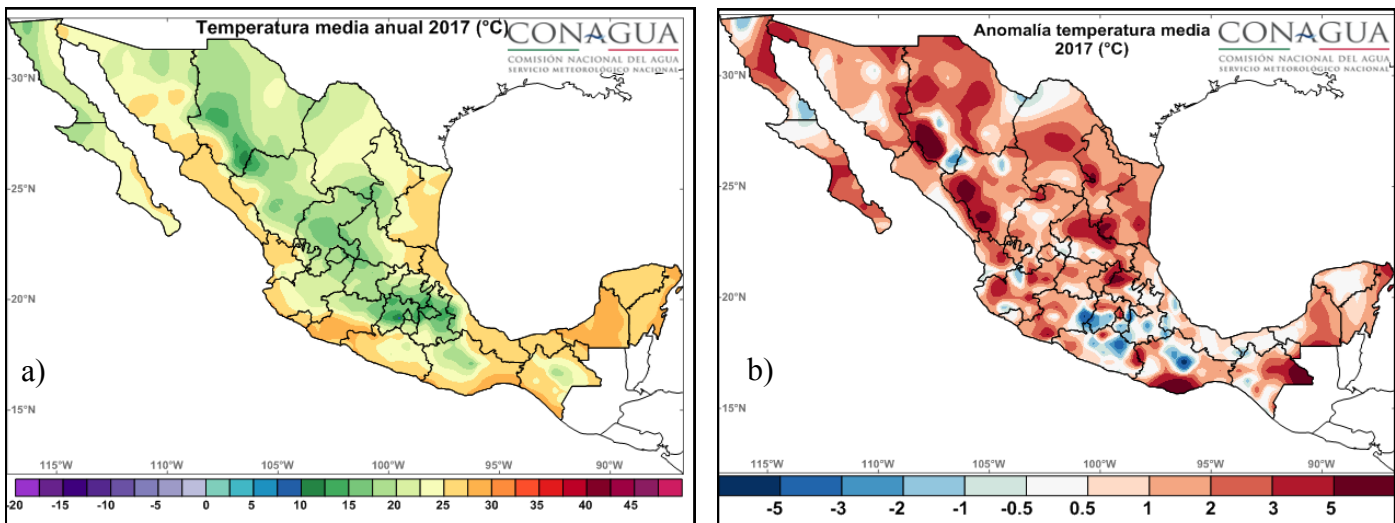


Fig. 25 a) Temperatura media anual de 2017. b) Anomalia de la temperatura media anual de 2017. Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

3.2 Frecuencia de días fríos y cálidos

Número de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C: También conocidos como días con heladas, más de 75 días con temperatura igual o por debajo de este umbral se alcanzaron en el norte de Durango y sur de Chihuahua en el período de enero a marzo de 2017, mientras que entre 60 a 75 días cubrieron el occidente de Chihuahua, así como porciones del centro del país. En menor medida, entre 5 y 15 días con heladas se observaron en el oriente de Sonora, la mayoría de Chihuahua, Durango y Zacatecas y en el Eje Neovolcánico Transversal. En la última parte del año, de octubre a diciembre, la cobertura de días con heladas disminuyó con respecto a los primeros tres meses del año, contabilizando entre 45 y 60 días en el norte de Durango y sur de Chihuahua. Pero a diferencia del año anterior, las regiones entre 5 y 15 días cubrieron casi la totalidad de Chihuahua, Durango y Zacatecas, cuando el año anterior, esta característica cubrió menos del 50% de dichos estados, lo que significa que los últimos tres meses del año fueron más frescos que los tres últimos en 2016 (Fig. 26).

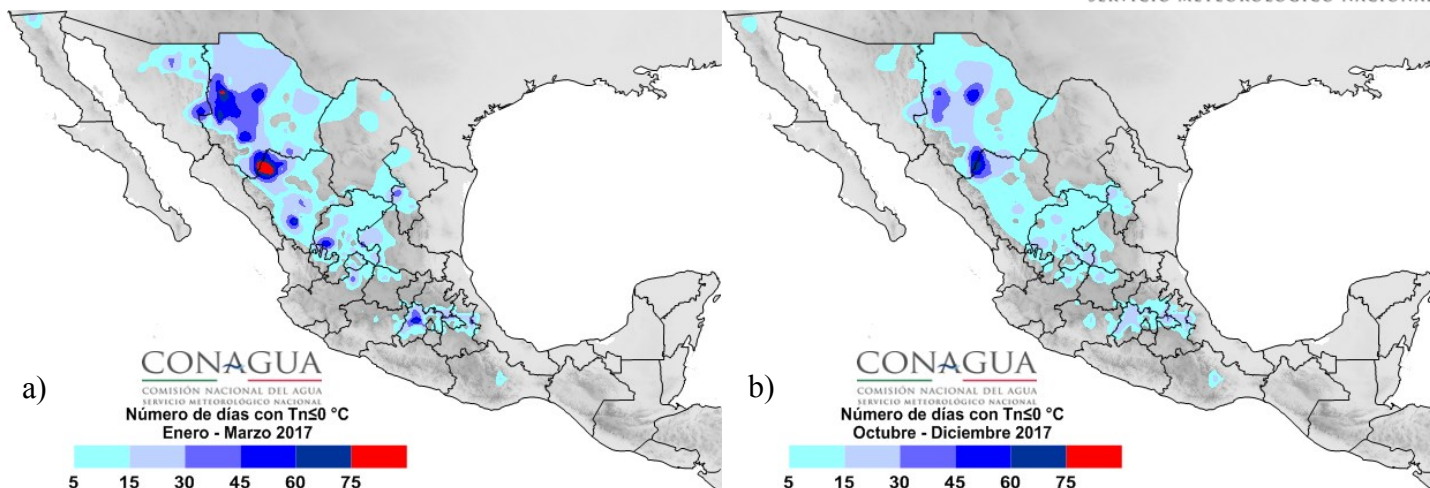


Fig. 26. Frecuencia del número de días con heladas (temperatura mínima diaria menor o igual a 0°C) en los meses invernales. A) de enero a marzo y B) de octubre a diciembre de 2016. Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Veintiocho entidades del país reportaron al menor un día con temperaturas iguales o inferiores a los cero grados Celsius durante 2017. Los valores más extremos fueron los -14.0 y -14.5 °C reportados en La Rosilla, Durango y en Llano Blanco Zacatecas, respectivamente. Este valor mínimo en La Rosilla se reportó el 19 de enero, mientras que el valor en Llano Blanco fue del 12 de diciembre. Ambos valores quedaron muy lejos del récord mínimo extremo, que es de -30.0 °C reportados el 11 de enero de 1962 en Villa Ahumada, Chihuahua. La Tabla 3 muestra más valores mínimos extremos a nivel estatal durante 2017.

Edo	Mínima Extrema	Estación	Fecha	Edo	Mínima Extrema	Estación	Fecha
AGS	-9.0	Alamitos	09/12/2017	MOR	-4.0	Huitzilac	25/11/2017
BC	-4.0	El Hongo	25/01/2017	NAY	5.0	Jesús María	09/12/2017
BCS	1.0	Guerrero Negro	01/01/2017	NL	-8.0	Galeana	08/12/2017
CAMP	9.0	Xcupil	10/12/2017	OAX	-2.0	Atepec	12/12/2017
CHIH	-12.5	El Vergel	08/12/2017	PUE	-10.0	Alchichica	28/01/2017
CHIS	-1.0	Puente Morelos (San Cristóbal)	24/01/2017	QRO	-3.5	San Ildefonso	11/12/2017
COAH	-8.0	Parras	08/12/2017	QROO	10.5	Chetumal	10/12/2017
COL	10.0	Trojes	23/01/2017	SIN	2.0	Badiraguato	09/12/2017
CDMX	-2.5	Gran Canal	11/12/2017	SLP	-10.0	Valentín Gama	10/12/2017
DGO	-14.0	La Rosilla	19/01/2017	SON	-7.0	Yécora	23/12/2017
GRO	4.0	Ixcateopan de Tlapa	11/12/2017	TAB	12.0	Pueblo Nuevo	15/01/2017
GTO	-6.0	La Quemada	12/12/2017	TAMPS	-3.7	Corona	10/12/2017
HGO	-7.0	Presa La Esperanza	10/12/2017	TLAX	-6.0	Zitlaltepec	10/12/2017
JAL	-10.5	San Gaspar de los Reyes	10/01/2017	VER	-11.0	Zalayeta	11/12/2017
MEX	-7.0	Presa Ignacio Ramírez (Atotonilco)	23/01/2017	YUC	5.5	Abalá	31/01/2017
MICH	-4.0	El Gigante	11/12/2017	ZAC	-14.5	Llano Blanco	09/12/2017

Tabla 3. Temperatura mínima extrema a nivel estatal durante 2017. Fuente: Sistema de Información Hidrológica de la Comisión Nacional del Agua. Con información disponible en diciembre de 2017, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Número de días con temperatura máxima igual o superior a 40 °C:

El período entre abril y junio fue especialmente cálido para varias regiones del país que contabilizaron más de 60 días con temperatura máxima por arriba de los 40.0 °C. Estas regiones se concentraron en porciones de Michoacán, Nayarit y los límites entre Sonora, Chihuahua y Sinaloa. En la Península de Yucatán, porciones de Oaxaca y el noreste se contabilizaron entre 15 y 30 días, con la mayor parte cubierta con rangos de 1 a 25 días por arriba de los 40.0 °C. Chihuahua y Coahuila también tuvieron la mayor parte de sus territorios entre 5 y 15 días con temperatura superior a este umbral. Con el establecimiento de la temporada de lluvias, las temperaturas descendieron en la porción sur del país, pero se incrementaron en el noroeste y noreste en el período de julio a septiembre. Siendo lo más significativo, más de 60 días por arriba de los 40.0 °C en los límites de Baja California y Sonora; este estado tuvo la mayor parte de su territorio más de 30 días cálidos en este período de 3 meses. Hacia el norte y noreste, las temperaturas cálidas abarcaron la porción este de Chihuahua, y el norte de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Fig. 27). Dos ondas de calor afectaron la región de las Huastecas en el oriente del país (límites de San Luis Potosí, Veracruz e Hidalgo) entre el 26 y 30 de abril y del 5 al 8 de junio. En estos períodos, la temperatura máxima llegó a alcanzar los 50 °C, aunque en general los termómetros superaron los 48 °C. Estas ondas fueron producidas por un amplio sistema de alta presión que se ubicó en el noreste del país, inhibiendo la nubosidad y con ello aumentando la temperatura. Otra onda de calor se registró en el estado de Chihuahua en la segunda decena de junio; en esta ocasión las temperaturas superaron los 46 °C en diez días consecutivos entre el 11 y 20 de junio en el municipio de Aldama, Chihuahua.

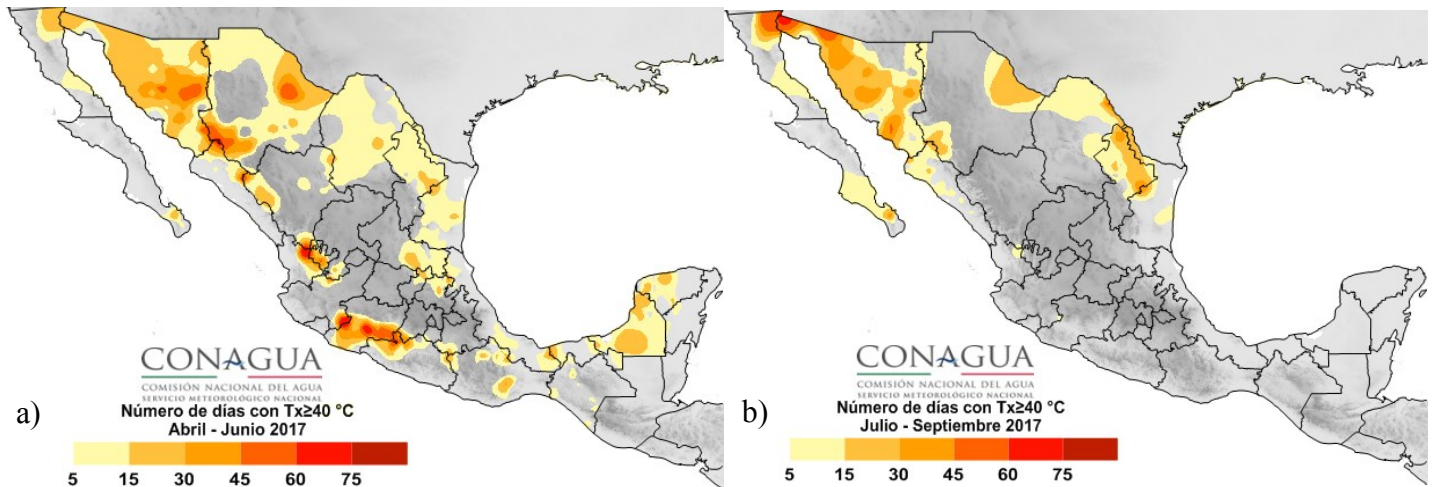


Fig. 27. Frecuencia del número de días cálidos (temperatura máxima diaria mayor o igual a 40°C) en la temporada primavera-verano. a) de abril a junio y b) de julio a septiembre de 2017. Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Veintiocho entidades del país reportaron al menor un día con temperatura máxima mayor a 40.0 °C y diecisiete estados tuvieron máximas mayores a 45.0 °C durante 2017. La temperatura más alta fue de 51.0 °C en Mexicali, Baja California el 20 de junio; valor que no representó un nuevo récord, quedó por debajo de los 60.0 °C reportados el 13 de agosto de 1953 en la estación Delta en Mexicali, B.C. Más valores de temperatura máxima a nivel estatal en la Tabla 4.

<i>Edo</i>	<i>Máxima Extrema</i>	<i>Estación</i>	<i>Fecha</i>		<i>Edo</i>	<i>Máxima Extrema</i>	<i>Estación</i>	<i>Fecha</i>
AGS	39.2	Calvillo	10/05/2017		MOR	42.5	Amacuzac	17/05/2017
BC	51.0	Mexicali	20/06/2017		NAY	46.0	Jesús María	20/06/2017
BCS	43.5	San Antonio	07/07/2017		NL	49.9	Presa El Cuchillo*	17/05/2017
CAMP	46.0	Canasayab	28/04/2017		OAX	45.0	Rio Manso Lalana	29/04/2017
CHIH	48.5	Urique Estación	21/06/2017		PUE	45.0	Ávila Camacho	26/04/2017
CHIS	44.0	Grijalva	05/04/2017		QRO	44.0	Jalpan	04/04/2017
COAH	45.0	Piedras negras	23/06/2017		QROO	40.0	Cozumel	05/08/2017
COL	42.0	Callejones	25/06/2017		SIN	47.0	Sufragio	07/10/2017
CDMX	35.0	Campamento Amealco	03/05/2017		SLP	48.3	El Pujal	29/04/2017
DGO	42.5	El Tule del Real	19/06/2017		SON	50.0	San Luis Río Colorado	20/06/2017
GRO	45.0	El Gallo	02/05/2017		TAB	42.0	Boca del Cerro	05/04/2017
GTO	38.5	Xichú	17/05/2017		TAMPS	47.8	Ciudad Mante	29/04/2017
HGO	50.0	Huejutla	06/06/2017		TLAX	32.7	Tlaxcala Observatorio	06/04/2017
JAL	45.0	Bolaños	10/06/2017		VER	48.0	Platón Sánchez	26/04/2017
MEX	40.8	Alzate	12/09/2017		YUC	43.0	Emiliano Zapata	05/04/2017
MICH	46.0	Los Pinzanes	07/05/2017		ZAC	43.0	La Villita	21/05/2017

Tabla 4. Temperatura máxima extrema a nivel estatal durante 2017. Fuente: Sistema de Información Hidrológica de la Comisión Nacional del Agua. Con información disponible en diciembre de 2017, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

3.3 Tormentas invernales en 2017

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), una tormenta invernal ocurre cuando se presenta un sistema de baja presión con núcleo frío (ubicado en las capas altas de la atmósfera), la cual combinando con bajas temperaturas en superficie y humedad relativa mayor al 80% ocasiona precipitación en forma de nieve o aguanieve acompañada incluso por ráfagas de vientos. En México el promedio de tormentas invernales entre noviembre y marzo es alrededor de catorce, de acuerdo con los registros desde 1991. La formación e intensidad de estas tormentas depende principalmente de los patrones climáticos como el ENOS, la NAO, la AO y la PNA (más información de estos índices en la **Sección 1** de este Reporte). En 2017, se registraron 9 tormentas invernales, seis de ellas ocurrieron en el período de enero a marzo (que correspondió al invierno 2016-2017), y las 3 restantes en diciembre (en el inicio del invierno 2017-2018). De estos nueve eventos solo cinco ocasionaron importantes descensos de temperatura, heladas o nevadas, mismos que se enuncian a continuación.

Tercera tormenta invernal, invierno 2016-2017 (13 al 15 de enero). Comenzó a ingresar al país el día 13 de enero cuando su vórtice de núcleo frío alcanzó al estado de Baja California, asociado al sistema frontal número 22 de la temporada 2016-2017, posteriormente comenzó a afectar Baja California Sur y Sonora. La humedad relativa en los 500 mb sobre la región noroeste del país se mantuvo por arriba del 90%. A medida que la tormenta se desplazaba provocó lluvias, nieblas y caída de nieve en Baja California. Al día siguiente la vorticidad ciclónica de la tormenta se aceleró (Fig. 28), la temperatura en el nivel de 500 mb alcanzó $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre la mayor parte de Baja California y norte de Sonora y la humedad se mantuvo por arriba del 80% que provocó nevadas sobre Nacozari, Son. Finalmente el día 15, la tormenta invernal comenzó a girar hacia el noreste alcanzando el norte de Chihuahua, para posteriormente abandonar el territorio nacional; a pesar de que la temperatura en los niveles medios se mantuvo en $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la vorticidad y humedad relativa disminuyeron, por lo que al final no hubo reportes de lluvias significativas.

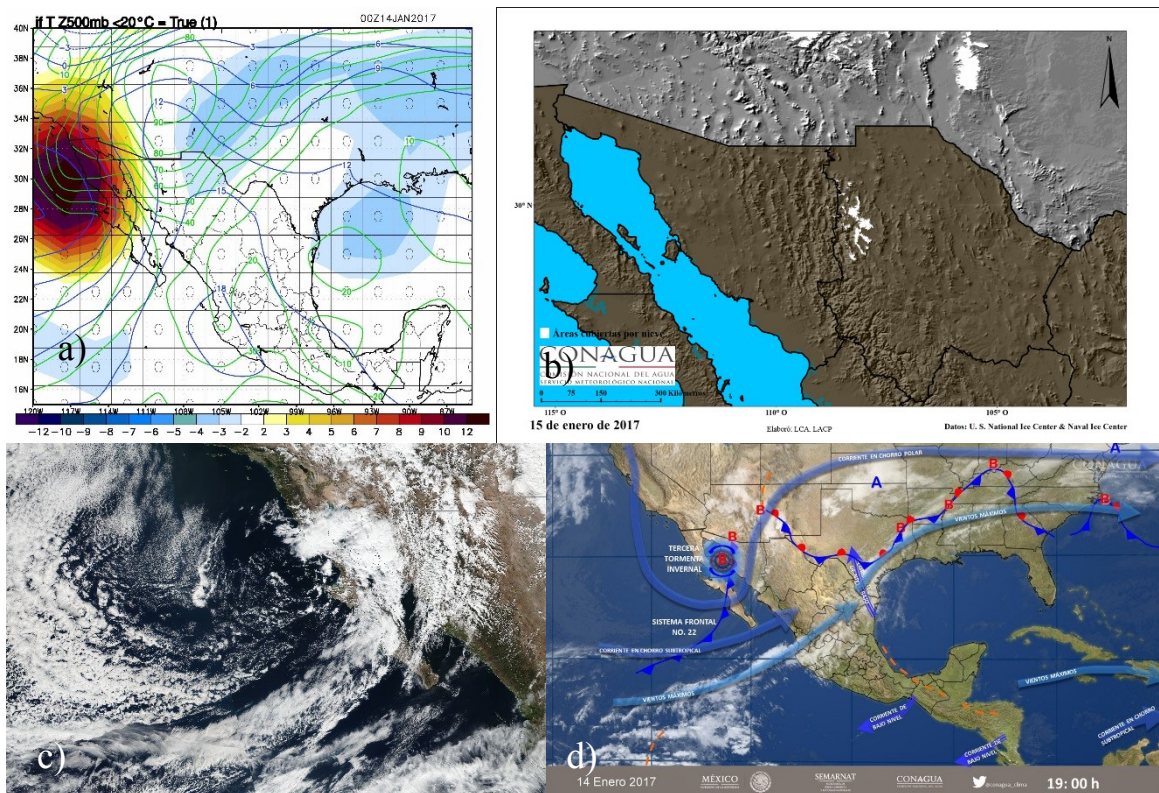


Fig. 28. a) Líneas verdes: Humedad relativa (%), Barra: Vorticidad ($\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$), 0: la temperatura no estuvo en o por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1: la temperatura estuvo en o por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, todo lo anterior en los 500 mb. Líneas azules: temperatura en superficie. La tarde del día 13 de enero de 2017. b) Mapa de la cubierta de nieve sobre el norte del país el día 15 de enero de 2017 de acuerdo con datos del Centro Nacional de Cubierta de Hielo y del Centro Naval de Cubierta de Hielo de los Estados Unidos. c) Imagen satelital de la tormenta invernal número 3 y el frente frío número 22 el día 14 de enero de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del satélite Suomi NPP de la NASA. d) Imagen interpretada del SMN con los principales sistemas meteorológicos del 14 de enero de 2017.

Quinta tormenta invernal, invierno 2016-2017 (20 al 21 de enero). Cuando comenzó a ingresar el día 20 sobre el extremo suroeste de los Estados Unidos; la quinta tormenta invernal de la temporada 2016-2017 no presentaba un vórtice cerrado en los 500 mb, sin embargo las temperaturas al norte de Baja California y Sonora en esa altura se mantuvieron en o por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. La humedad estuvo por arriba del 90% a medida que la tormenta se desplazaba sobre el territorio provocó caída de lluvia y aguanieve en Baja California, así como lluvias en Sonora y Chihuahua. Al día siguiente la vortividad ciclónica de la tormenta se incrementó (Fig. 29a), la humedad se mantuvo por arriba del 90% sobre el noroeste y la temperatura en los 500 mb estuvo por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ al norte de Baja California, Sonora y Chihuahua, estas condiciones favorecieron la caída de nieve sobre estos tres estados (Fig. 29b).

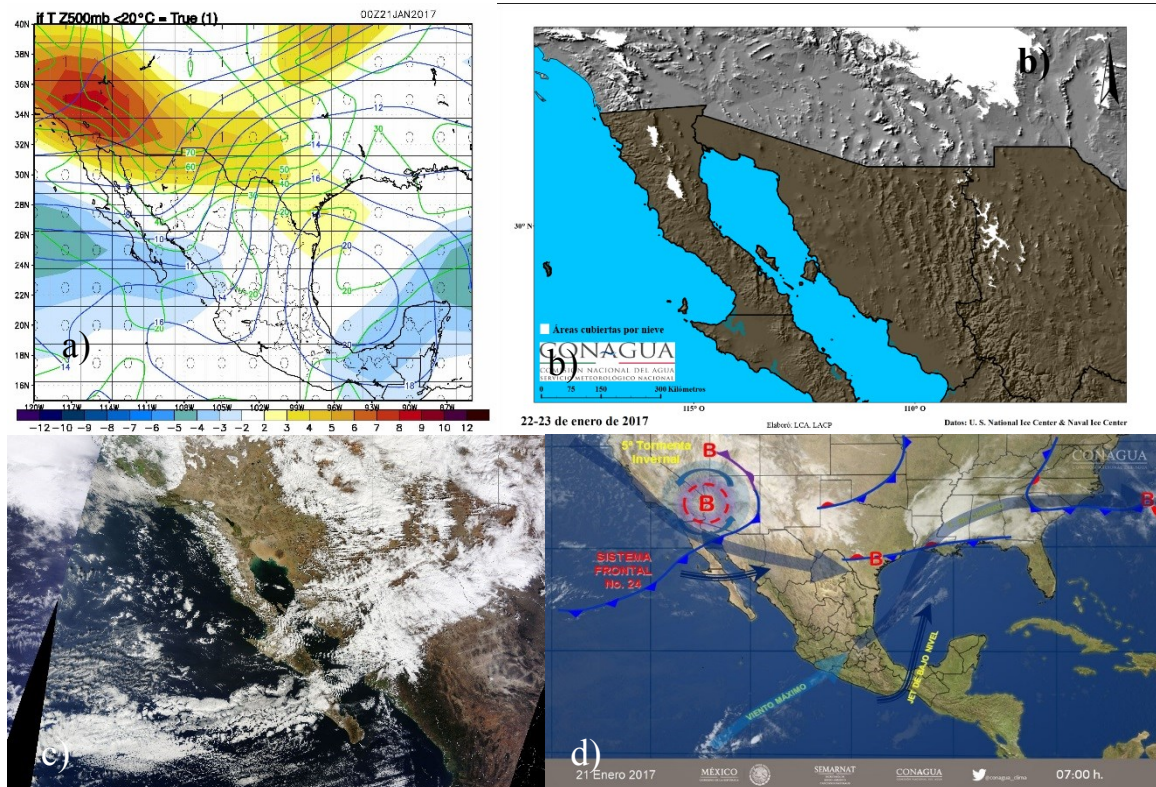


Fig. 29. a) Líneas verdes: Humedad relativa (%), Barra: Vortividad ($\times 10^{-6}\text{ s}^{-1}$), 0: la temperatura no estuvo en o por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1: la temperatura estuvo en o por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, todo lo anterior en los 500 mb. Líneas azules: temperatura en superficie. La tarde del día 20 de enero de 2017. b) Mapa de la cubierta de nieve sobre el norte del país del 22 al 23 de enero de 2017 de acuerdo con datos del Centro Nacional de Cubierta de Hielo y del Centro Naval de Cubierta de Hielo de los Estados Unidos. c) Imagen satelital de la tormenta invernal número 5 y el frente frío número 24 el día 21 de enero de 2017, tomada mediante el instrumento MODIS del satélite Terra de la NASA. d) Imagen interpretada del SMN con los principales sistemas meteorológicos del 21 de enero de 2017.

Octava tormenta invernal, invierno 2016-2017 (18 al 20 de febrero). Ingresó sobre la Península de Baja California la mañana del 18 de febrero, la circulación cerrada de la tormenta presentaba temperaturas por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los 500 mb al oeste y noroeste de Baja California, la humedad estuvo por arriba del 80% a medida que la tormenta se desplazaba. Acompañada del sistema frontal número 29 de la temporada, la tormenta alcanzó al estado de Sonora favoreciendo la caída de nieve en Sonora, Chihuahua y Durango, así como un patrón de lluvias sobre el noroeste. Al día siguiente la vortividad ciclónica de la tormenta incrementó, la humedad relativa promedio estuvo por arriba del 50% sobre el noroeste del país y la temperatura en los 500 mb estuvo por debajo de los $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre Baja California, Baja California Sur, Sonora y Chihuahua (Fig. 30a). Al finalizar el día la tormenta alcanzó a los estados del centro-norte y provocó la caída de nieve sobre Chihuahua y Durango, así como lluvias en Baja California, Sonora, Sinaloa, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas. Finalmente durante el día 20, la circulación de la tormenta comenzó a alejarse del territorio rumbo al suroeste de los Estados Unidos donde se debilitaría posteriormente, las temperaturas en los 500 mb no disminuyeron por debajo de lo $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sin embargo las imágenes satelitales observaban aún una cubierta de nieve sobre los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango (Fig. 30b).

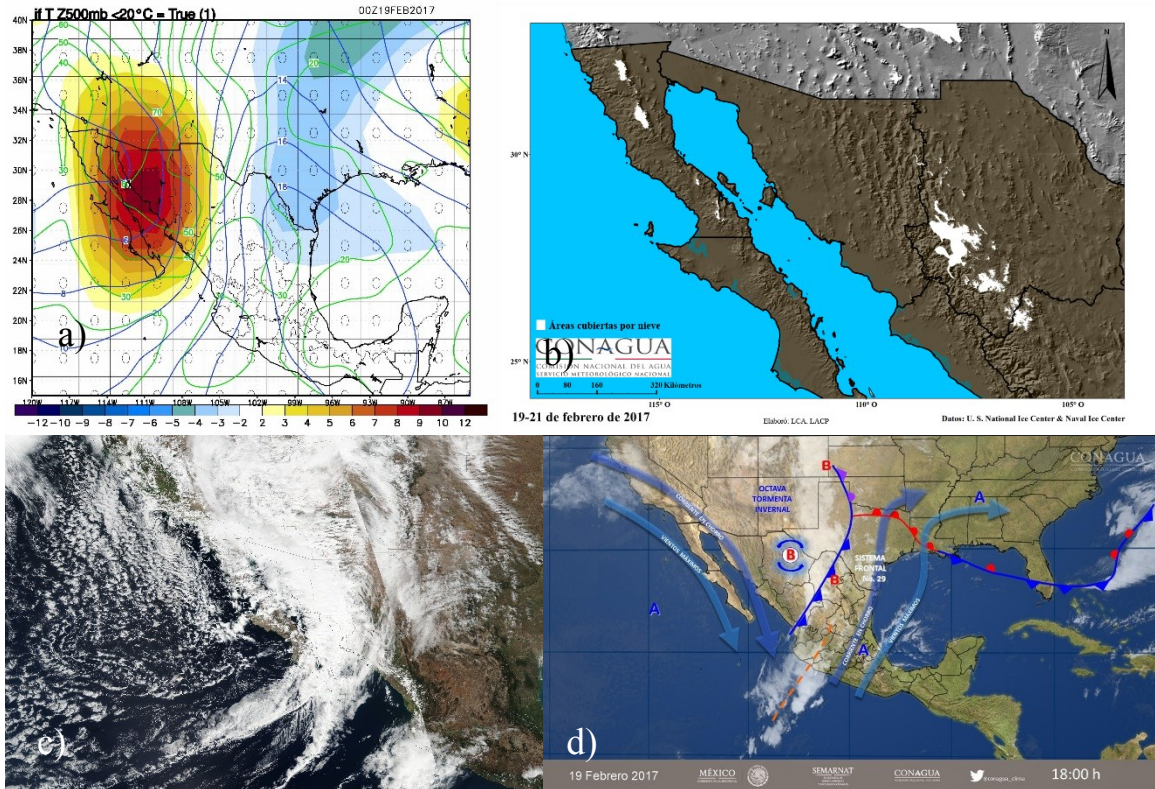


Fig. 30. a) Líneas verdes: Humedad relativa (%), Barra: Vorticidad ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-2}$), 0: la temperatura no estuvo en o por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 1: la temperatura estuvo en o por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, todo lo anterior en los 500 mb. Líneas azules: temperatura en superficie. La tarde del día 18 de febrero de 2017. b) Mapa de la cubierta de nieve sobre el norte del país del 19 al 21 de febrero de 2017 de acuerdo con datos del Centro Nacional de Cubierta de Hielo y del Centro Naval de Cubierta de Hielo de los Estados Unidos. c) Imagen satelital de la tormenta invernal número 8 y el frente frío número 29 el día 18 de enero de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del satélite Suomi NPP de la NASA. d) Imagen interpretada del SMN con las principales sistemas meteorológicos del 19 de febrero de 2017.

Primera tormenta invernal, invierno 2017-2018 (7 al 9 de diciembre). Fue la tormenta más intensa del año, afectó a la mayor parte del territorio nacional, con bajas temperaturas, lluvias y nevadas. Ingresó en Baja California la tarde del 6 de abril, acompañando del sistema frontal número 24 de la temporada (2017-2018), en ese momento la temperatura en los 500 mb estuvo por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ al norte de Sonora y la humedad relativa estaba por arriba del 40% en la zona. Ese mismo día la caída de nieve se presentó en Coahuila y Chihuahua, mientras que las lluvias máximas alcanzaron valores de hasta 43.0 mm en Ciudad Acuña, Coah. y 38.0 mm en al Presa las Lajas, Chih. Al día siguiente la vorticidad ciclónica se incrementó, sin embargo no presentó una circulación cerrada, las temperaturas por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se localizaron sobre el norte de Chihuahua y Coahuila, mientras que la humedad relativa se elevó por arriba del 70%. La caída de nieve se registró en Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas, mientras que las lluvias máximas fueron de hasta 39.0 mm en H. Sabinas, Coah. y 38.1 mm en Mier, Tams, estas lluvias contribuyeron al registro de anomalías positivas en la región norte, noreste y centro norte. Finalmente el día 8 la tormenta invernal abandonó el país por el noreste. Este último día se registraron heladas en Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Tamaulipas, San Luis Potosí y Aguascalientes.

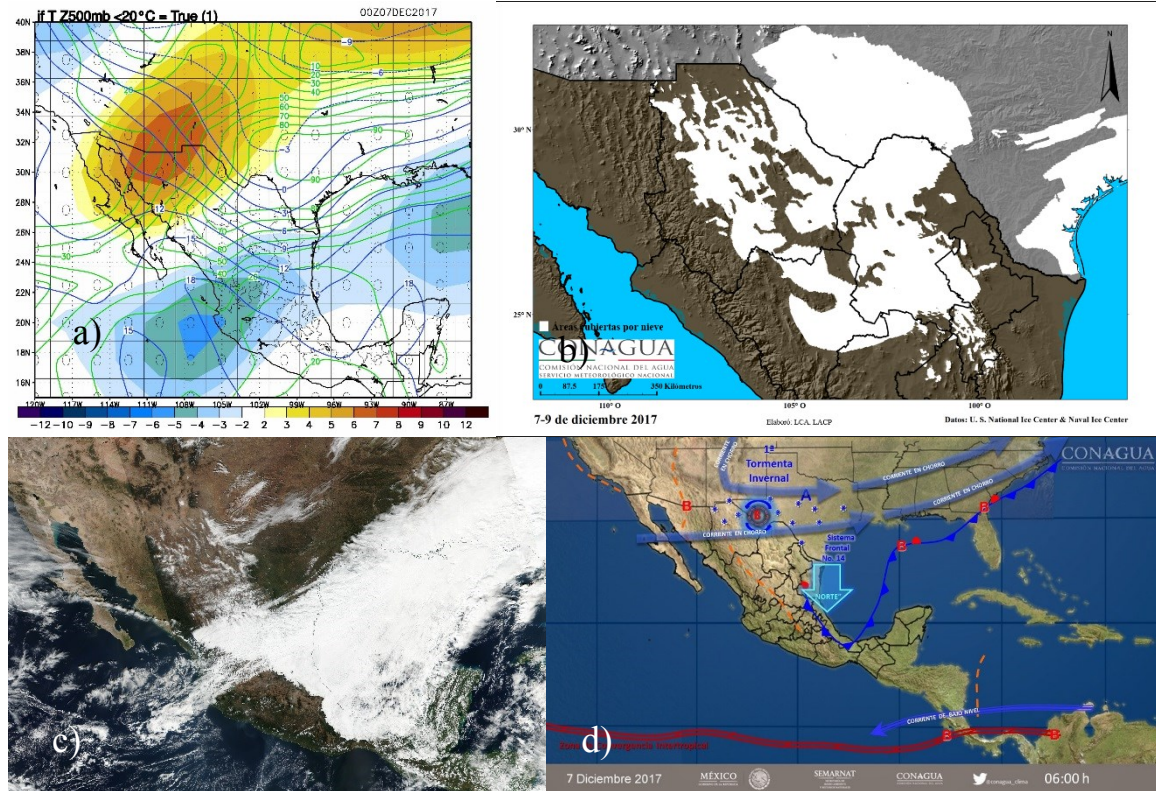


Fig. 31. a) Líneas verdes: Humedad relativa (%), Barra: Vorticidad ($\times 10^{-6} s^{-1}$), 0: la temperatura no estuvo en o por debajo de los $-20.0^{\circ}C$, 1: la temperatura estuvo en o por debajo de los $-20.0^{\circ}C$, todo lo anterior en los 500 mb. Líneas azules: temperatura en superficie. La tarde del día 6 de diciembre de 2017. b) Mapa de la cubierta de nieve sobre los estados de Sonora y Chihuahua del día 7 al 9 de diciembre de 2017 de acuerdo con datos del Centro Nacional de Cubierta de Hielo y del Centro Naval de Cubierta de Hielo de los Estados Unidos. c) Imagen satelital de la tormenta invernal número 1 y el frente frío número 14 el día 8 de diciembre de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del satélite Suomi NPP de la NASA. d) Imagen interpretada del SMN con los principales sistemas meteorológicos del 7 de diciembre de 2017.

Tercera tormenta invernal, invierno 2017-2018 (16 al 19 de diciembre). Comenzó a ingresar al país la mañana del 16 de diciembre, acompañada del frente frío 17 de la temporada sobre el estado de Baja California, en los 500 mb la humedad estaba por arriba del 70%, a medida que el vórtice de la tormenta se internaba sobre el noroeste del territorio nacional y la temperatura sobre Baja California y el noroeste de Sonora estuvo por debajo de los $-20.0^{\circ}C$. Ese día se registraron nevadas sobre Sonora, Chihuahua y Durango, mientras que las lluvias máximas ese día alcanzaron los 50.0 mm en Aconchi, Son. Al día siguiente, la tormenta tuvo una circulación cerrada sobre Sonora, en los 500 mb la temperatura estuvo por debajo de los $-20.0^{\circ}C$ sobre Sonora y la humedad por arriba del 50% en la zona. Ese día hubo reportes de heladas en Baja California, Chihuahua y Durango, mientras que las lluvias fueron de hasta 57.0 mm en Huachinera, Son. y 48.1 mm en Guapoca, Chih. Finalmente a partir de la tarde del día 19, la tormenta comenzó a moverse hacia el noreste, abandonando paulatinamente la región noroeste del territorio nacional, las lluvias alcanzaron los 17.3 mm en Casas Grandes, Chih.

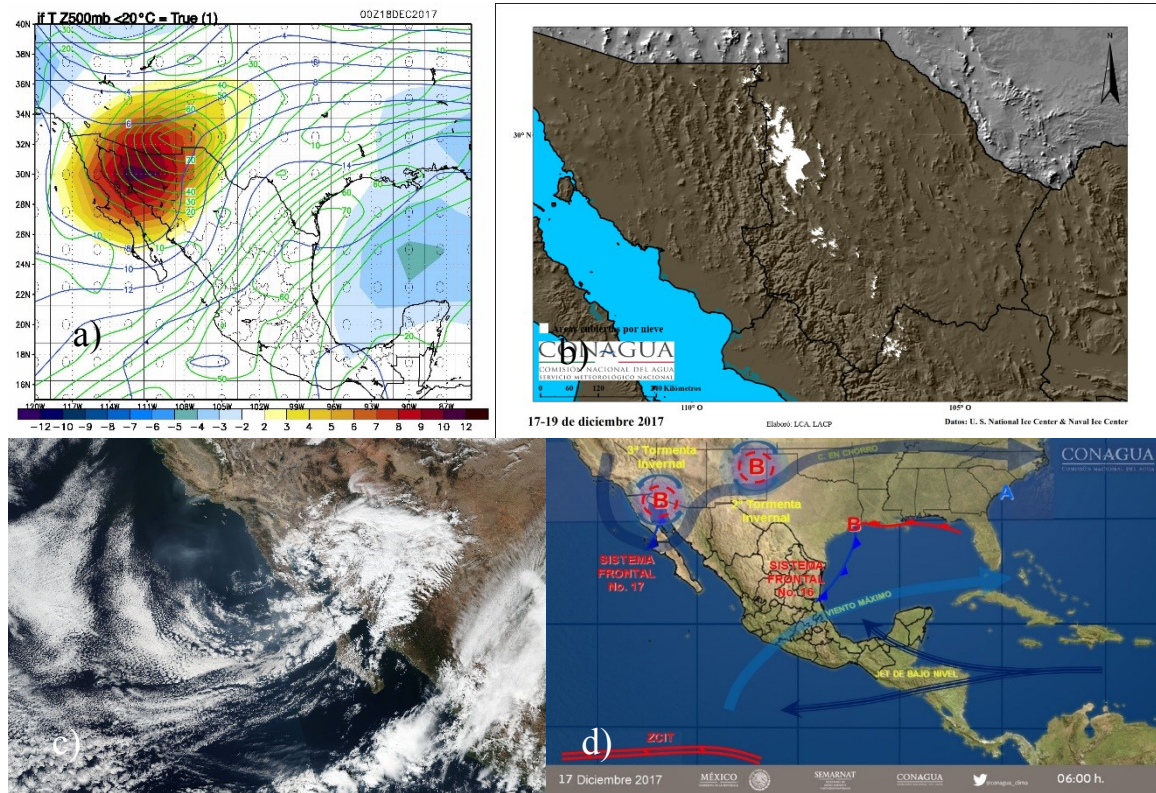


Fig. 32. a) Líneas verdes: Humedad relativa (%), Barra: Vorticidad ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$), 0: la temperatura no estuvo en o por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 1: la temperatura estuvo en o por debajo de los $-20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, todo lo anterior en los 500 mb. Líneas azules: temperatura en superficie. La tarde del día 17 de diciembre de 2017. b) Mapa de la cubierta de nieve sobre los estados de Sonora y Chihuahua del día 17 al 19 de diciembre de 2017 de acuerdo con datos del Centro Nacional de Cubierta de Hielo y del Centro Naval de Cubierta de Hielo de los Estados Unidos. c) Imagen satelital de la tormenta invernal número 3 y el frente frío número 17 el día 17 de diciembre de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del satélite Suomi NPP de la NASA. d) Imagen interpretada del SMN con los principales sistemas meteorológicos del 17 de diciembre de 2017.

3.4 Sistemas frontales en 2017

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la temporada de frentes fríos inicia en septiembre y finaliza en mayo, por lo que durante un año calendario se contabilizan sistemas frontales de dos temporadas, como se observa en la Fig. 33. El año 2017 quedó comprendido por dos temporadas, la primera que inició en septiembre de 2016 y finalizó en mayo de 2017, mientras que la segunda terminará hasta mayo de 2018. Entre los meses de junio a agosto es viable el ingreso de al menos uno de estos sistemas al país, de acuerdo con la climatología, se consideran dentro del conteo anual pero fuera de las dos temporadas (barras grises en la Fig. 33). Uno de estos sistemas ingresó en agosto de 2017, iniciando así una temporada anticipada de sistemas frontales.

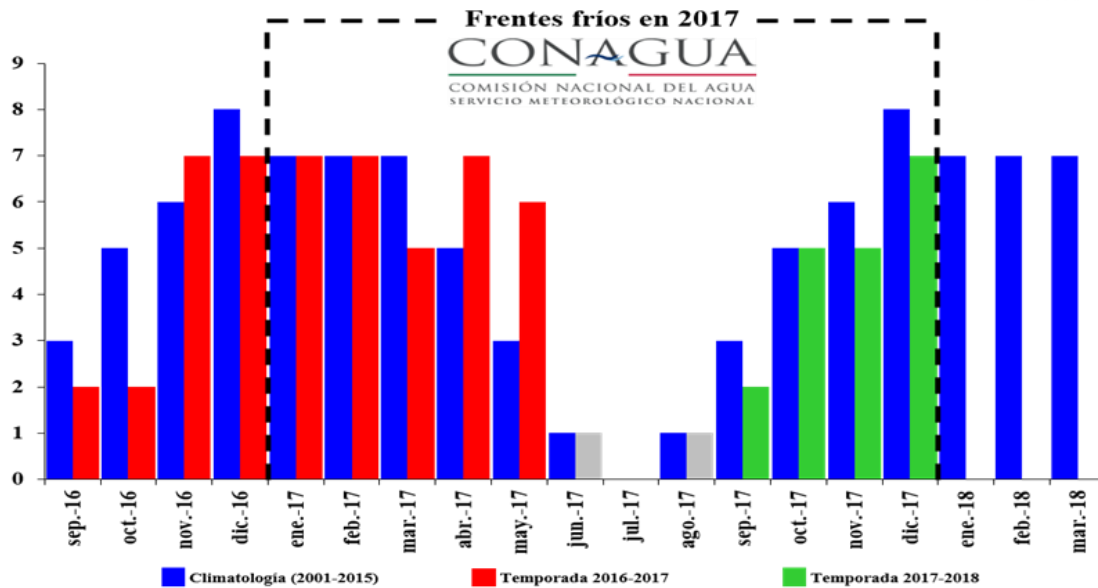


Fig. 33. Número de frentes fríos en 2017 y climatología 2001-2015. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

La época más activa de la temporada de frentes fríos ocurre entre los meses de noviembre a marzo (el 67% de los eventos de acuerdo a la climatología 2001-2015). Durante la temporada 2016-2017 se registró el ingreso de 33 sistemas frontales, uno menos que el promedio entre noviembre y marzo del periodo 2000-2017. El registro máximo de frentes fríos durante este periodo es de 42, y ocurrió la temporada anterior 2015-2016.

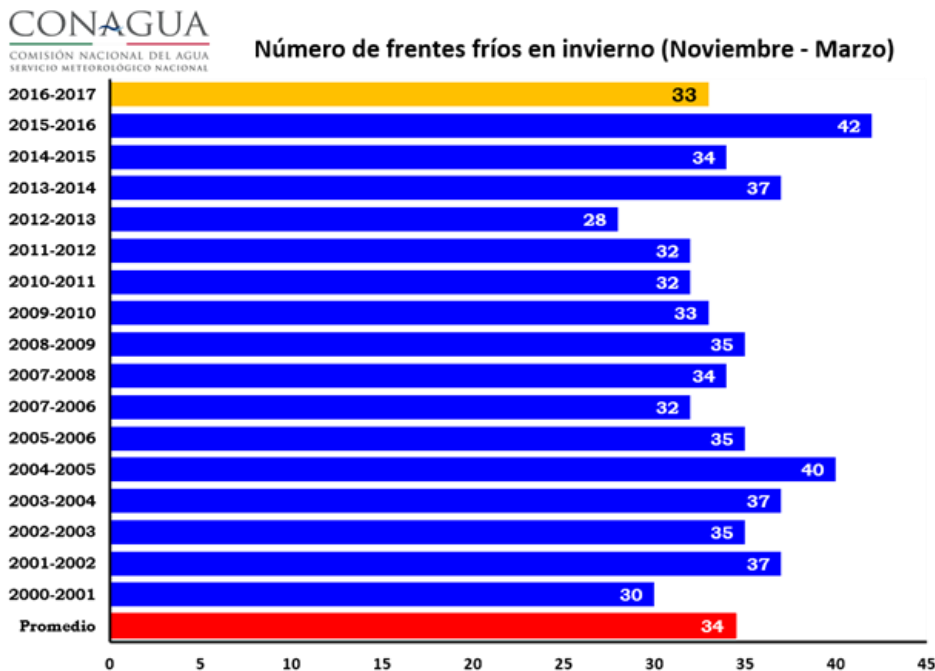


Fig. 34. Número de frentes fríos en los meses entre noviembre y marzo en el periodo 2000-2017. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

A continuación se describen brevemente los sistemas frontales más significativos mensualmente (con excepción de los meses de agosto y noviembre) en cuanto a las precipitaciones y disminución de temperaturas diarias más significativas que provocaron a su paso por el territorio nacional durante 2017.

Temporada septiembre 2016-mayo 2017

Frente frío No. 21 (5-7 de enero). Fue un sistema frontal con masa de aire fría continental que comenzó su ingreso la tarde del 5 de mayo al noreste de Coahuila. Al día siguiente continuó su desplazamiento hacia el sureste y alcanzó el norte de Veracruz y produjo un evento de norte sobre las costas de Tamaulipas y fuertes lluvias en el centro-norte de Veracruz. La tarde del 7 de mayo el frente frío se localizó desde San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, dejando lluvias torrenciales en Chiapas y Tabasco. Al día siguiente, el sistema frontal se alejó de la Península de Yucatán con rumbo al Mar Caribe. Los acumulados máximos durante el periodo del 5 al 8 (Fig. 35a), alcanzaron los 343.0 mm en Ocoatepec, Chis. y 256.7 mm en Tapijulapa, Tab. De acuerdo con los datos METAR (Reporte del Aeródromo Meteorológico), el gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 21 °C en el Aeropuerto Internacional de Reynosa, Tams., cuando la temperatura el día 5 a las 14:42 fue de 24°C y al día siguiente a las 14:54 fue de 3.0 °C.

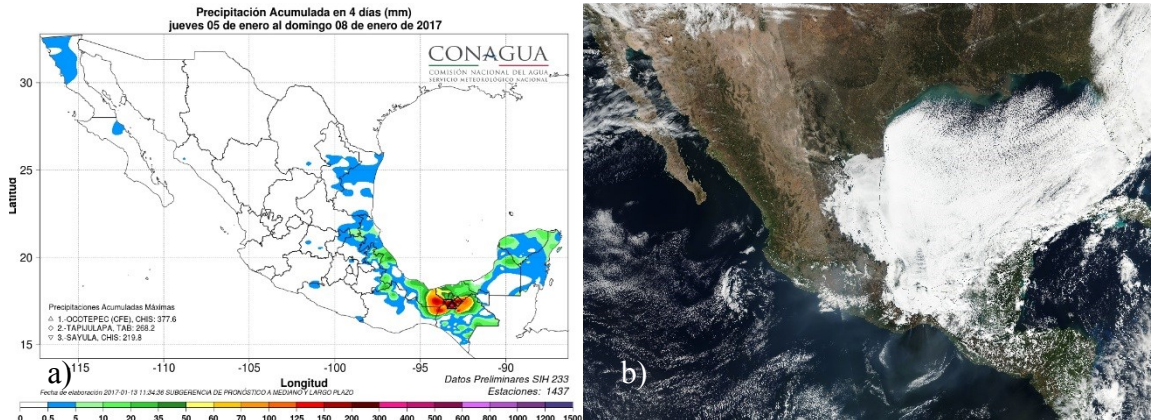


Fig. 35 a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 5 al 8 de enero de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 21 el día 7 de enero de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 29 (18-22 de febrero). Fue un sistema frontal con masa de aire fría marítima que comenzó a ingresar con lluvias persistentes durante el amanecer del 18 de febrero en Baja California. La tarde del día siguiente se extendió desde Nayarit hasta el noreste de Coahuila acompañado de la octava tormenta invernal de la temporada, dejando lluvias fuertes en Sonora. La tarde del 20 de febrero, el sistema frontal se ubicó al sur de Tamaulipas y al día siguiente alcanzó la Península de Yucatán. A partir del día 22 el frente comenzó abandonar la Península de Yucatán con rumbo a Mar Caribe. Los acumulados máximos dentro del periodo del 17 al 22 de febrero (Fig. 36), alcanzaron los 81.2 mm en Martínez de La Torre, Ver. y 76.9 mm en Sonoyta, Son. (Lluvias más significativas al noroeste del territorio). De acuerdo con los datos METAR (Reporte del Aeródromo Meteorológico), el gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 11 °C se reportó en el Aeropuerto Internacional de Hermosillo, Son., cuando la temperatura el día 17 a las 16:42 hrs (hora del centro de México) fue de 26 °C y al día siguiente a la misma hora fue de 15 °C.

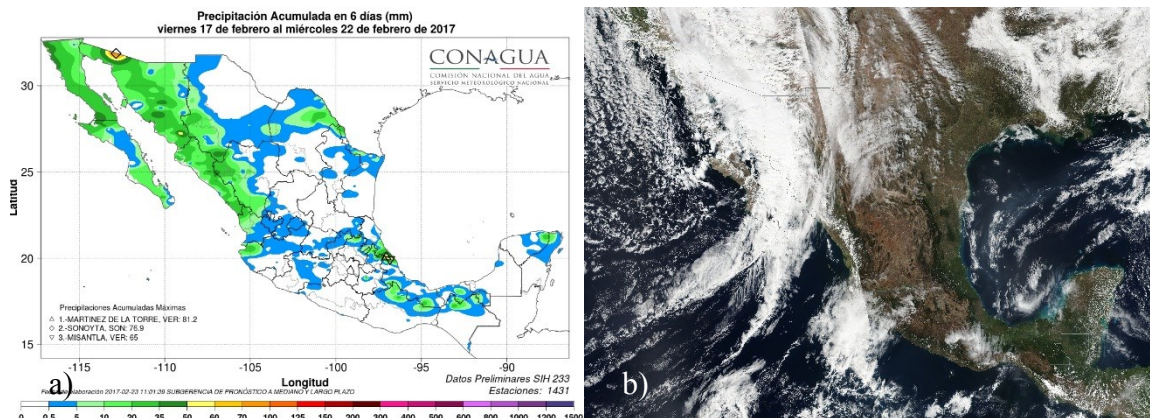


Fig. 36. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 17 al 22 de febrero de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 29 el día 18 de febrero de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 34 (11-15 de marzo). Fue un sistema frontal con masa de aire fría continental ingresó al territorio nacional en el noreste de Chihuahua la madrugada del día 12 de marzo. Por la tarde de ese día comenzó a adquirir características estacionarias extendiéndose desde el norte de Chihuahua hasta el norte de Tamaulipas. Al día siguiente una nueva masa de aire frío continental reforzó a este sistema frontal, que se extendió hasta el sur de Veracruz y produjo un evento de norte sobre el la vertiente del Golfo de México. Lluvias fuertes se registraron sobre Tabasco, Oaxaca y Veracruz. En la mañana del 14 de marzo el sistema frontal alcanzó la Península de Yucatán y produjo evento de norte sobre el Istmo de Tehuantepec con lluvias muy fuertes en Veracruz. Finalmente, la mañana del día 15 se ubicó sobre el Mar Caribe. Los acumulados máximos durante el periodo del 11 al 15 (Fig. 37), alcanzaron los 159.1 mm en Las Perlas, Ver. y 121.3 mm en Pueblo Nuevo, Tab. El gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 11 °C se reportó en el Aeropuerto Internacional de Matamoros, Tamps., cuando la temperatura el día 11 a las 15:47 (hora del centro de México) fue de 29 °C y al día siguiente a las 15:40 fue de 18.0 °C.

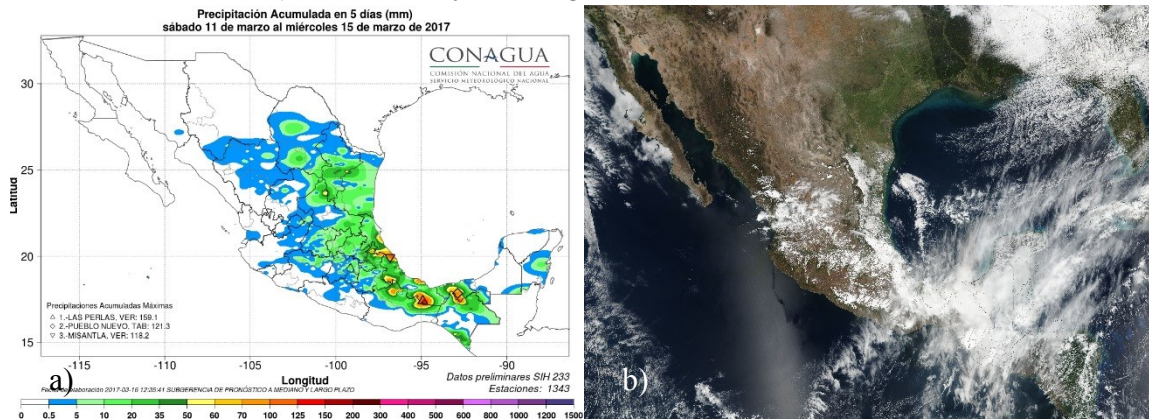


Fig. 37. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 11 al 15 de marzo de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 34 el día 14 de marzo de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 39 (4-8 de abril). Fue un sistema frontal con masa de aire fría continental que ingresó al país la noche del 4 de abril por el norte de Coahuila. Al día siguiente el sistema frontal se extendía desde el sureste de Coahuila hasta el norte de Veracruz y produjo un evento de norte, provocando lluvias muy fuertes al norte de Puebla. Por la tarde del día 6 el frente se extendió desde San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, un evento de norte se mantuvo para el Golfo e Istmo de Tehuantepec. Lluvias torrenciales se observaron sobre Tabasco y Chiapas. Finalmente el frente frío abandonó la Península de Yucatán la mañana del día 7 de abril con dirección al Mar Caribe. Los acumulados máximos dentro del periodo del 6 al 8 de abril (Fig. 38), alcanzaron los 393.4 mm en Tapijulapa, Tab. y 234.5 mm en Emiliano Zapata (CFE), Chis. El gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 11 °C se reportó el Aeropuerto Internacional de Mérida, cuando la temperatura el día 6 a las 14:44 (hora del centro de México) fue de 33°C y al día siguiente a las 14:47 fue de 22.0 °C.

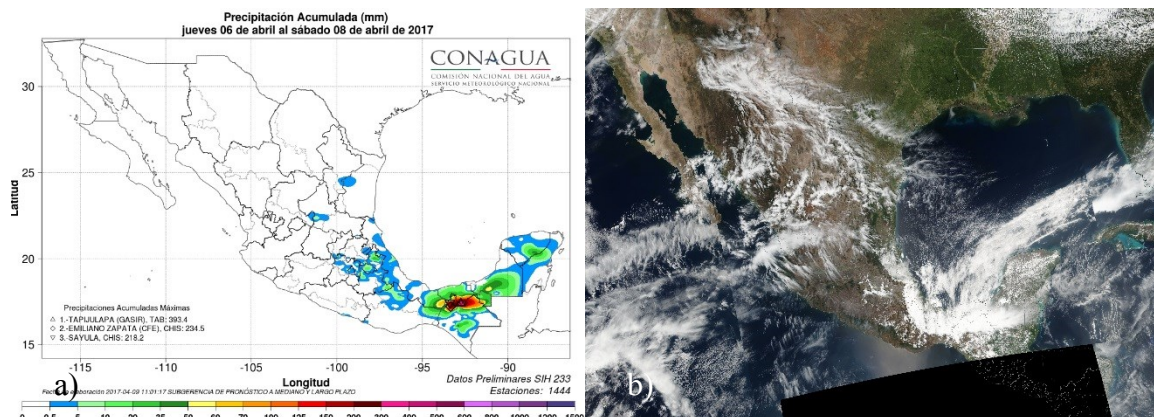


Fig. 38 a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 6 al 8 de abril de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 39 el día 6 de abril de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 45 (3-5 de mayo). Fue un sistema frontal con masa de aire fría continental que comenzó a ingresar a territorio nacional por el noreste de Chihuahua la mañana del 3 de mayo, posteriormente, por la noche alcanzó a Coahuila. Lluvias muy fuertes se presentaron sobre Nuevo León debido a la cercanía del sistema frontal. Al amanecer del día siguiente el frente frío se extendió desde el norte de Sonora hasta la costa sur de Veracruz y provocó un evento de norte en Tamaulipas. Por la noche, la línea del frente frío se encontraba ya muy próxima a la Península de Yucatán. Lluvias intensas se registraron en Chiapas y Tabasco ese día. Al día siguiente atravesó a la Península de Yucatán con un evento de norte sobre el Istmo de Tehuantepec. Finalmente por la noche se encontró sobre el Mar Caribe y lluvias con chubascos se presentaron sobre Chiapas. Los acumulados máximos dentro del periodo del 3 al 5 de mayo (Fig. 39a), alcanzaron los 211.7 mm en Ocoatepec (CFE), Chis. y 193.3 mm en Tapijulapa, Tab. El gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 14 °C se reportó en el Aeropuerto Nacional de Poza Rica, Ver., cuando la temperatura el día 3 a las 15:40 (hora del centro de México) fue de 36°C y al día siguiente a las 15:46 fue de 22.0 °C.

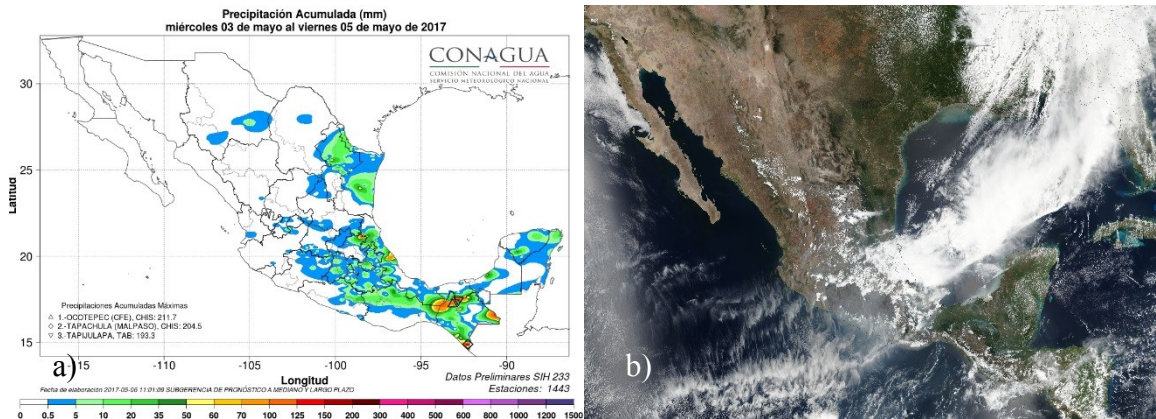


Fig. 39. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 3 al 5 de mayo de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 45 el día 4 de mayo de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Temporada agosto 2017-mayo 2018

Frente frío No. 3 (21-28 de septiembre). Fue un sistema frontal con masa de aire fría marítima que comenzó a ingresar a territorio nacional por el noroeste de Baja California la tarde del día 21. Posteriormente a la mañana siguiente su lento desplazamiento lo llevó a afectar el noroeste de Sonora. Sin lluvias importantes en la noche se extendió desde el centro de la Península de Baja California hasta el norte de Sonora. Al amanecer del día 23 el sistema mantuvo aproximadamente la misma posición anterior. Posteriormente su línea de choque disminuyó y se localizó al norte de Chihuahua. Durante los siguientes días el frente frío se movió sobre el sur de los Estados Unidos hasta que una nueva masa de aire frío lo impulsó sobre el noreste de Chihuahua la tarde del día 26. Lluvias torrenciales se produjeron sobre el norte de Tamaulipas ese día. Al día siguiente el frente frío se mantuvo sobre la frontera de Chihuahua y Coahuila con Estados Unidos, por lo que su inestabilidad provocó lluvias torrenciales al norte de Nuevo León. Al día siguiente por la tarde se extendió desde el noreste de Chihuahua hasta el norte de Tamaulipas y finalmente durante el día 29 comenzó a desplazarse hacia el este con rumbo al norte del Golfo de México. Los acumulados máximos durante el periodo del 25 al 28 (Fig. 40), alcanzaron los 472.8 mm en Anáhuac, Nuevo León y 326.5 mm en la Presa Venustiano Carranza, en Coahuila.

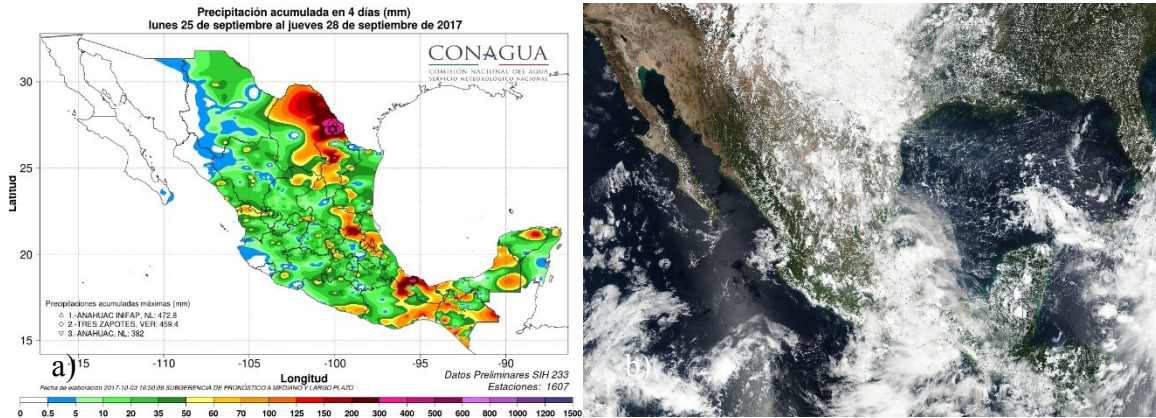


Fig. 40. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 25 al 28 de septiembre de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 3 el día 27 de septiembre de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 4 (9-12 de octubre). Fue un sistema frontal con masa de aire fría marítima que comenzó a ingresar a territorio nacional por el noreste de Chihuahua y norte de Coahuila la madrugada del día 10 de octubre, por la noche de ese día se extendió desde el sur de Coahuila hasta la costa sur de Tamaulipas y provocó un evento de norte sobre la costa de este último estado. Lluvias intensas se registraron al norte de Veracruz y San Luis Potosí ese día. Por la tarde del día siguiente el sistema frontal comenzó a adquirir características estacionarias sobre la vertiente del Golfo de México. Lluvias intensas se observaron sobre el sur de Veracruz y Chiapas ese día. Durante todo el día 12 el sistema frontal se mantuvo estacionario muy cerca de las costas de Tamaulipas y Veracruz, por lo que provocó lluvias muy fuertes sobre el sur de Veracruz. Finalmente al día siguiente se disipó. Los acumulados máximos dentro del periodo del 9 al 12 de octubre (Fig. 41), alcanzaron los 250.0 mm en Presa El Moralillo, Ver. y 218.8 mm en Ballesmi, SLP. De acuerdo con los datos METAR (Reporte del Aeródromo Meteorológico), el gradiente más intenso en la disminución de temperatura ambiente de 21 °C se reportó en la estación del Aeropuerto Internacional de Monclova, Coah., cuando la temperatura el día 9 a las 13:40 hrs (hora del centro de México) fue de 36°C y al día siguiente a la misma hora fue de 15.0 °C.

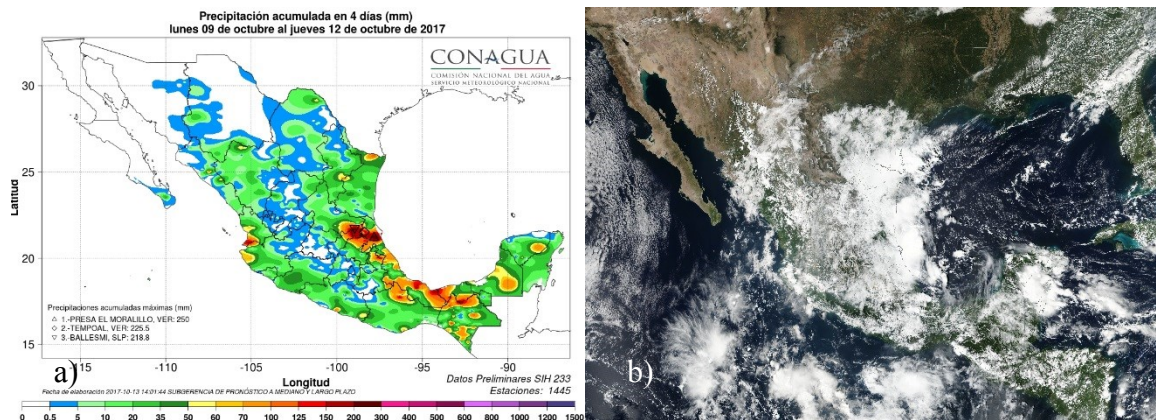


Fig. 41. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 9 al 12 de octubre de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 4 el día 11 de octubre de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

Frente frío No. 14 (4-9 de diciembre). Fue un sistema frontal con masa de aire fría marítima que comenzó a ingresar a territorio nacional por el norte de Baja California el día 4 por la mañana y por la noche alcanzó el noreste de Sonora. Al mediodía del día siguiente el frente se extendió desde Baja California hasta el norte de Tamaulipas, sin embargo al anochecer la línea frontal se contrajo desde Coahuila hasta la costa norte de Tamaulipas. Lluvias dispersas se registraron sobre Chihuahua ese día. Por la tarde del día 6 alcanzó la costa norte de Veracruz y produjo un evento de norte sobre la costa de Tamaulipas. Lluvias muy fuertes se observaron al centro-norte de Veracruz ese día. A la tarde del día siguiente se extendió desde Durango hasta el sur de Veracruz con características de estacionario mientras provocaba un evento de norte sobre la vertiente del Golfo de México. Lluvias persistentes se registraron sobre Coahuila, Tamaulipas y Chiapas. El día 8 alcanzó la Península de Yucatán y finalmente se introdujo al Mar Caribe al día siguiente. Los acumulados máximos dentro del periodo del 5 al 9 de octubre (Fig. 42), alcanzaron los 125.6 mm en Juan de Grijalva, Chis. y 125.4 mm en Misantla, Ver. De acuerdo con los datos METAR (Reporte del Aeródromo Meteorológico), el gradiente más intenso de todos los frentes fríos mencionados en cuanto a la disminución de temperatura ambiente de 25 °C se reportó en el Aeropuerto Internacional de Zacatecas, cuando la temperatura del día 7 a las 13:44 hrs (hora del centro de México) fue de 23°C y al día siguiente a las 13:53 hrs fue de -2.0 °C.

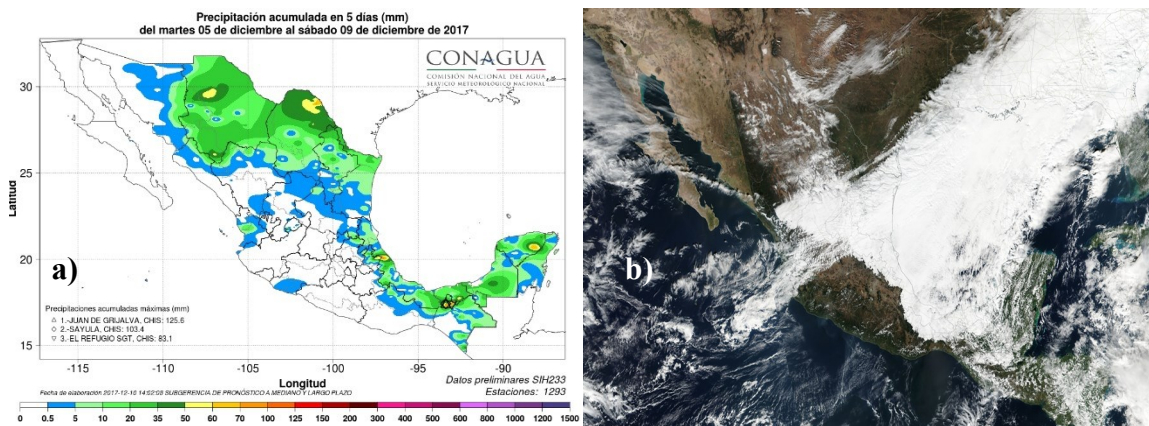


Fig. 42. a) Mapa de la distribución de las precipitaciones del 5 al 9 de diciembre de 2017. b) Imagen satelital del frente frío No. 14 el día 8 de diciembre de 2017, tomada mediante el instrumento VIIRS del Satélite Suomi NNP de la NASA. Mapa de lluvias elaborado con datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua.

4. Eventos notables

Se describen algunos eventos meteorológicos notables durante 2017.

4.1 Granizadas. Se tuvieron reportes de al menos tres granizadas sobresalientes durante 2017. Estos ocurrieron del 17 al 18 de abril en Oaxaca, del 23 al 24 de mayo en Veracruz y del 28 al 29 de mayo en Zacatecas.

Oaxaca: El 17 de abril se registró una lluvia severa de 19.8 mm en el municipio de Teotitlán de Flores Magón, sin embargo los daños más significativos ocurrieron cuando se registró la caída de granizo sobre los municipios de San Pablo Huitzo, Santiago Suchilquitongo, Asunción Nochixtlán y San Juan Yucuita. Las granizadas afectaron los techos de viviendas construidas con materiales de lámina galvanizada y de cartón, así como daños en la región de La Cañada por elevación del cauce del arroyo.

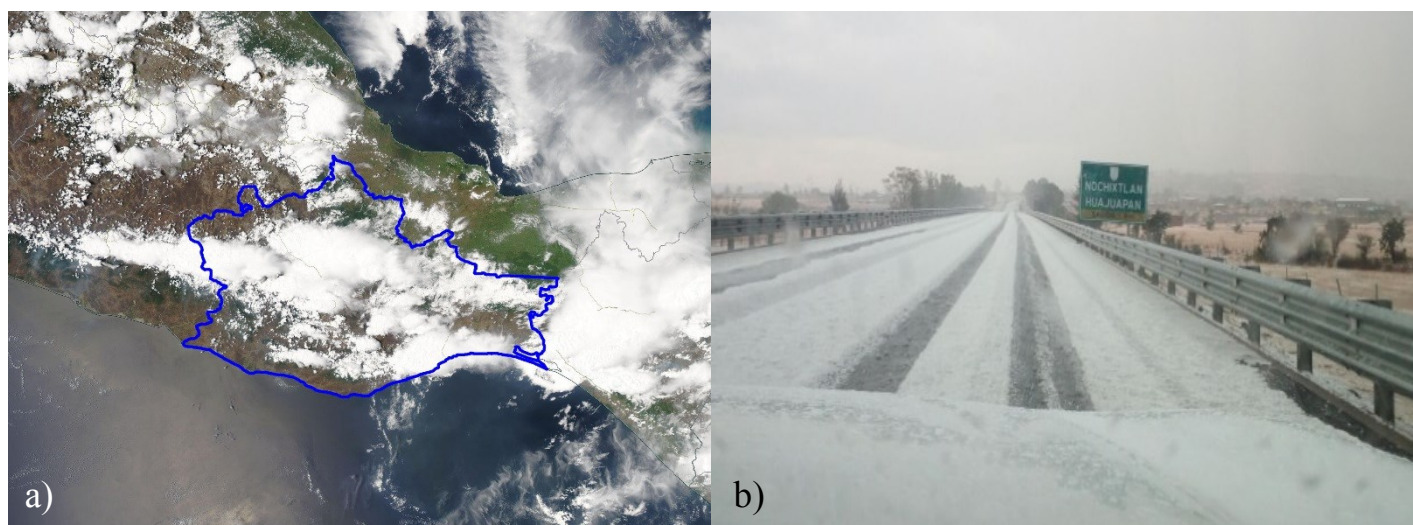


Fig. 43. a) Imagen satelital del día 18 de abril de 2017 tomada mediante el instrumento MODIS del Satélite Aqua de la NASA, b) granizada sobre la autopista 135D en el municipio de Asunción Nochixtlán, Oaxaca. Fuente: GrupoFórmula (consultado el 15 de junio de 2017).

Veracruz: La cercanía y posteriormente el paso del frente frío número 49 de la temporada 2016-2017 provocó lluvia severa, granizada y vientos fuertes sobre el municipio de Pánuco, granizada en Tuxpan y lluvia severa sobre Misantla los días 23 y 24 del mes, el primer día la lluvia alcanzó valores de hasta 106.0 mm en las cercanías de Misantla y 49.7 mm en Tuxpan. Por su parte dentro del municipio de Pánuco los registros de la velocidad del viento el día 24 alcanzaron ráfagas de hasta 68.9 km/h. De acuerdo con los medios de comunicación el evento comenzó en la madrugada del 24 de mayo sobre el norte de la entidad, provocando la caída de postes de energía eléctrica, anuncios espectaculares, domos de escuelas, bardas perimetrales y arranque de raíces de árboles.

Zacatecas: El 28 de mayo se registró una precipitación máxima diaria acumulada de 123.0 mm sobre el municipio de Villa Hidalgo, la máxima diaria para mayo era de 43.0 mm y ocurrió el día 28 de junio de 1997, sin embargo ese día la lluvia estuvo acompañada de una granizada severa que comenzó aproximadamente a las 23 horas y que finalizó 15 minutos después, la altura del granizo alcanzó de 15 a 20 cm de altura. Al día siguiente la granizada se presentó sobre el municipio de Pinos, donde la altura fue de 16 a 21 cm. El gobierno del estado detectó 1361 viviendas con daños en sus techos de lámina, paredes, muros, pintura, pisos y enseres domésticos, por otra parte según medios de comunicación también se presentaron daños en diversos cultivos como viñedos, tomatillo, chile, lechuga y maíz.

4.2 Tornados

De acuerdo con medios de comunicación un tornado se desarrolló la tarde del 5 de mayo de 2017 y pudo observarse desde varias delegaciones de la zona norte de Toluca y de Otzolotepec, en el Estado de México (Fig. 44). En los datos históricos de Protección Civil del Estado de México en la región ya se tienen antecedentes de estos fenómenos de microescala, como en marzo de 2012 cuando se generaron tornados que afectaron principalmente a comunidades de las delegaciones de San Pablo Autopan y San Andrés Cuexcontitlan. Este tornado de mayo de 2017 provocó daños a casas habitación y caída de árboles en al menos tres comunidades, San Pablo Autopan, San Diego Linares y Tlachaloya, todas en el Estado de México.

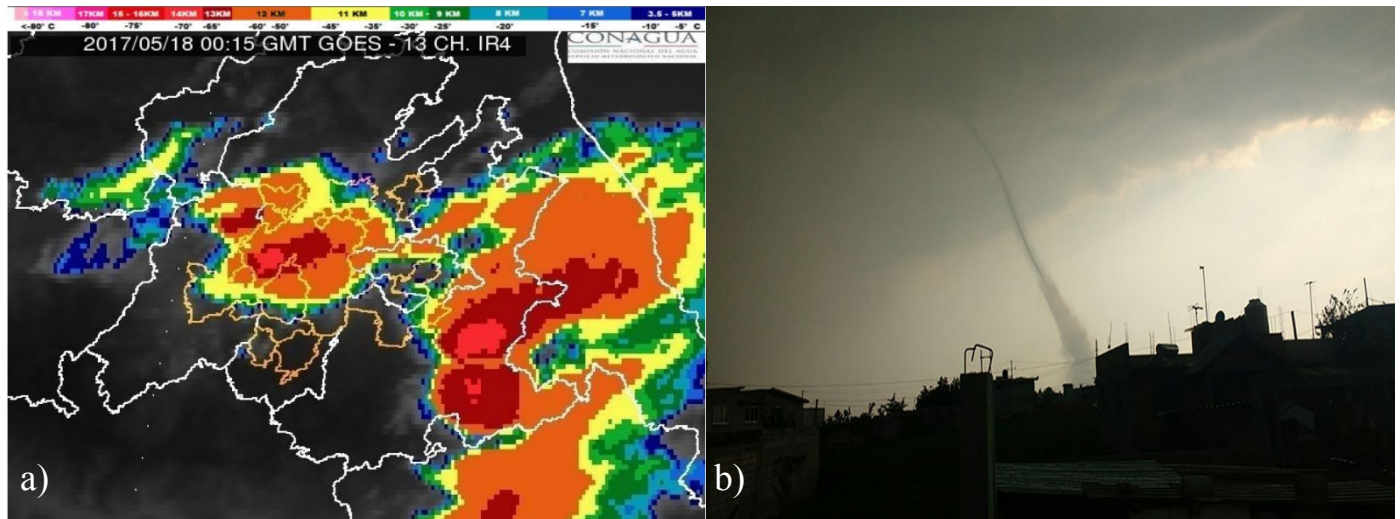


Fig. 44. a) Imagen satelital de la NASA, el día 17 de enero de 2017. b) Imagen del tornado al norte de Toluca, Estado de México el 17 de mayo. Fuente: Agencia MVT <http://mvt.com.mx/> (consultado el 27 de febrero de 2018).

4.3 Tormenta tropical *Beatriz*

El impacto de la tormenta tropical *Beatriz* sobre los estados del sur del país provocó lluvias severas sobre varios municipios de Oaxaca y Campeche. Las lluvias comenzaron a partir del 31 de mayo, sin embargo las máximas en 24 horas se registraron al día siguiente en Oaxaca y alcanzaron valores de hasta 380.0 mm en la estación del Observatorio de Puerto Ángel, 291.5 mm en Santiago Astata, 238.1 mm en Guevara de Humboldt, 224.1 mm en Magdalena Tequisistlan (la máxima en 24 horas anterior fue de 209.7 mm el 7 de junio de 2008), 215.1 mm en Santa María Huatulco, 178.2 mm en Santo Domingo Teojomulco (la máxima en 24 horas anterior fue de 112.0 mm el 13 de junio de 2014), 171.0 mm en Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, 132.0 mm en la estación Boquilla No. 1 (la máxima en 24 horas anterior fue de 69.5 mm el 12 de junio de 1984) y 126.0 mm en la estación Ayutla cuya máxima diaria anterior para junio fue de 84.6 mm el día 19 de 1968. De acuerdo con los medios de comunicación se registraron decesos por desgajamiento de cerros en la región del Istmo de Tehuantepec, así como desbordamientos de diversos ríos en la región (Fig. 45). En el estado de Campeche, *Beatriz* provocó lluvias severas de hasta 117.5 mm Ciudad del Carmen y 104.0 mm sobre el municipio de Candelaria.

4.4. Monzón de Norteamérica

El día 4 de agosto el municipio de Hermosillo, Son. registró un acumulado de precipitación de 43.3 mm al poniente de la ciudad. Lo anterior, de acuerdo con los medios de comunicación, provocó inundaciones, árboles y postes de energía eléctrica caídos, así como el cierre de vialidades en diferentes zonas de este poblado. Por su parte en Chihuahua, la lluvia máxima observada en el periodo del 17 al 22 de agosto ocurrió el día 17 y fue de 42.6 mm sobre la estación de Chinatu en el municipio de Guadalupe y Calvo. Estas persistentes lluvias provocaron inundaciones el día 17 en el municipio de Delicias, el 21 de agosto (Fig. 46) en Guadalupe y Calvo, donde de acuerdo con la Coordinación Estatal de Protección Civil las inundaciones se debieron a la fractura de la presa El Caldillo o también conocida como “La Quemada”, el día 22 las últimas inundación ocurrieron en los municipios de Madera y Meoqui. Finalmente en Durango, los días 18 y 21 del mes se registraron acumulados máximos de 45.1 mm y 82.5 mm en los municipios de Gómez Palacio y Canelas respectivamente, lo cual provocó lluvias severas e inundaciones.

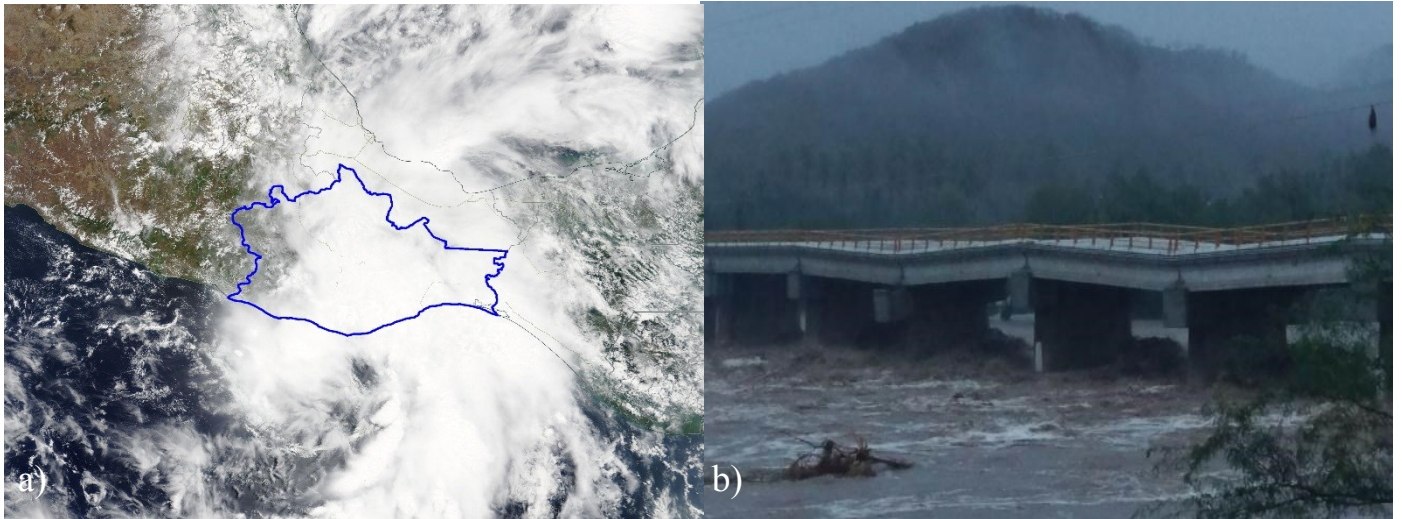


Fig. 45. A) Imagen satelital del día 1 de junio de 2017 tomada mediante el instrumento MODIS del Satélite Terra de la NASA B) Colapso del Puente Tequisistlán, por la crecida del río del mismo nombre por las lluvias de la tormenta tropical Beatriz en el municipio de Magdalena Tequisistlán, Fuente: El Universal (consultado el 10 de julio de 2017).



Fig. 46. a) Producto satelital GeoColor (CIRA) del GOES-16 para día 21 de agosto de 2017 a las 17 horas en Chihuahua. b) Inundaciones en el municipio de Guadalupe y Calvo debido al desbordamiento de la presa El Caldillo el día 22 de julio de 2017. Fuente: Televisa.NEWS, noticieros.televisa.com/ (consultado el 27 de septiembre de 2017).

4.4 Sistema frontal

Un sistema frontal que se extendió el 7 de agosto en la frontera entre Estados Unidos y México provocó inestabilidad sobre los estados del noreste del territorio nacional. Dicha inestabilidad fue capaz de provocar rachas de viento de hasta 110.9 km/h a las 16:30 horas en la estación de Radiosondeo de la ciudad de Monterrey, siendo el municipio de Apodaca el más afectado. Los medios de comunicación informaron que fuertes rachas de viento acompañados de lluvias y tormentas eléctricas afectaron la tarde del lunes 7 de agosto gran parte de Monterrey, Nuevo León y su zona conurbada. En Apodaca, los vientos provocaron daños en un hangar y la volcadura de un helicóptero que estaba en tierra de la Secretaría de Marina estacionado, en el interior del Aeropuerto Norte (Fig. 47).

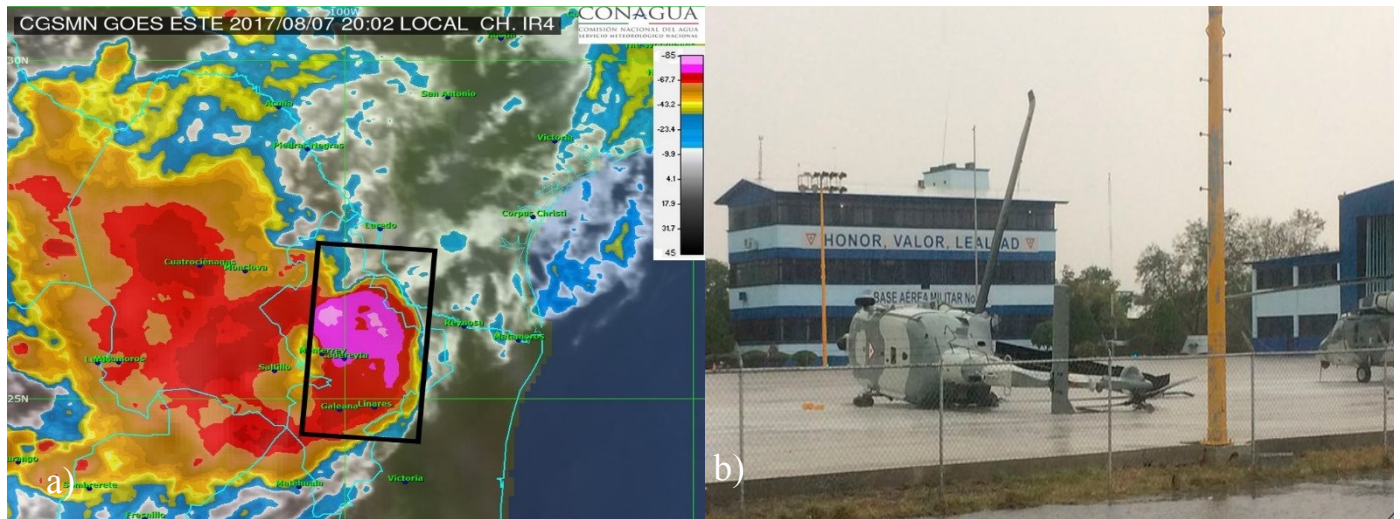


Fig. 47. a) Imagen Satelital infrarroja del día 7 de agosto. b) Helicóptero volcado por lo fuertes vientos en el hangar de la Fuerza Aérea Mexicana en el municipio de Apodaca, Nuevo León. Fuente: Televisa.NEWS. <http://noticieros.televisa.com/> (consultada el 28 de septiembre de 2017).

4.5 Sequía

Dentro del periodo 1 de mayo al 30 de noviembre se registraron lluvias por debajo de la normal en la mayor parte de Sinaloa, los valores más bajos se presentaron en los municipios de Concordia y Mazatlán. En Concordia, el acumulado durante este periodo fue de 426.5 mm, este valor estuvo por debajo del mínimo registrado en 1997 que fue de 447.0 mm para ese mismo periodo, la precipitación media (mayo-noviembre) de 1980 al 2016 en el municipio es de 786.9 mm. Por otra parte, en Mazatlán, el acumulado fue de 482.2 mm, siendo el promedio de precipitación de 716.6 mm. De acuerdo con los medios de comunicación en junio se informó que 400 comunidades se encontraron sin agua potable dentro del estado, por lo que se abastecieron sólo con pipas. También se informó del incremento en la mortandad de ganado debido a la sequía (Fig. 48b).

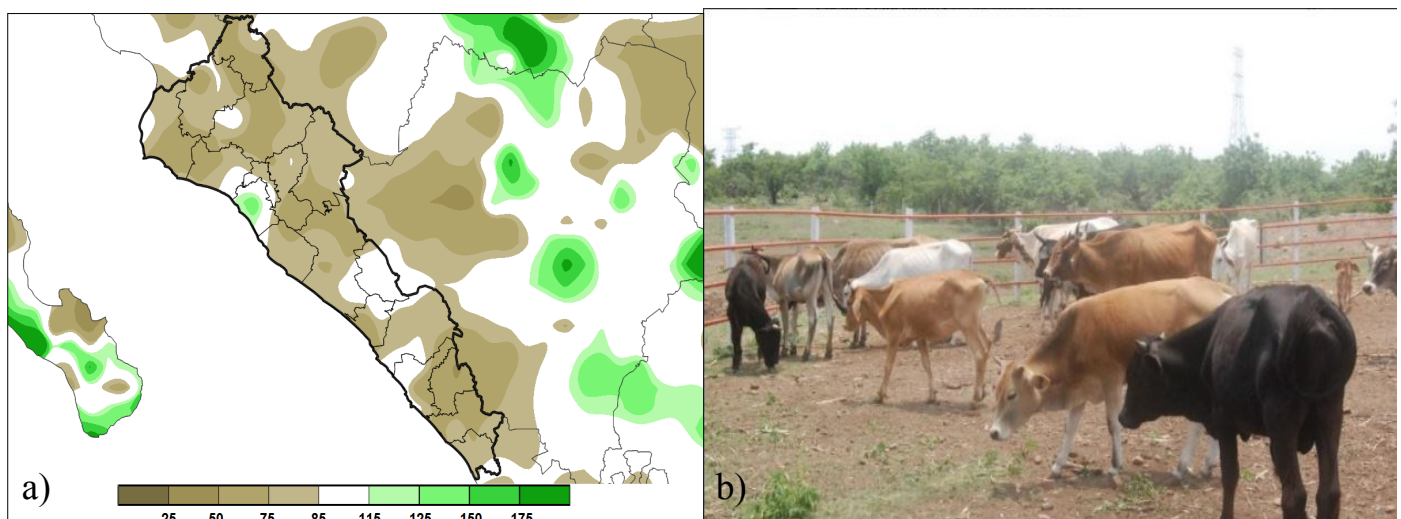


Fig. 48. a) Comportamiento de las anomalía en por ciento de lo normal de precipitación durante el periodo mayo-noviembre de 2017. b) Imagen del ganado en Sinaloa afectado por la sequía. Fuente: <http://noticieros.televisa.com/> (consultado el 17 de enero de 2017).

4.6 Frente frío no. 14 y primera tormenta invernal

Como se describió en la sección de **Frentes fríos**, el paso del número 14 produjo a partir del 7 de diciembre de 2017 el descenso de la temperatura mínima con valores de hasta $-12.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Cuauhtémoc ubicado al centro del estado de Chihuahua, también se registró la caída de nieve en los municipios de Ahumada, Ascensión, Camargo, Carichí, Cusihuirachi, Chihuahua, Gómez Farías, Guerrero, Hidalgo del Parral, Janos, Madera, Maguarichi, Manuel Benavides, Matachí, Matamoros, Namiquipa, Nonoava, Nuevo Casas Grandes (donde altura de la nieve fue mayor a 20 cm entre el día 7 y 10), Riva Palacio, San Francisco del Oro, Santa Bárbara, El Tule y Valle de Zaragoza. Se reportaron daños y filtraciones en viviendas, cierre de carreteras y vialidades por congelamiento, daños en agricultura, interrupción de los servicios básicos como agua y energía eléctrica y fallecimientos por casos de hipotermia. En Coahuila las temperaturas mínimas llegaron hasta los $-8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la comunidad de Las Nieves (municipio de Parras), $-6.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en General Cepeda y Ramos Arizpe, el día 8 de diciembre. La altura de la nieve observada del 7 al 8 alcanzó los 6.0 cm en San Pedro, 5 cm en Francisco I. Madero y 2 cm en Matamoros. De acuerdo con los registros estatales, la última vez que cayó nieve en la Comarca Lagunera fue el 12 de diciembre de 1997. Por su parte los medios de comunicación informaron que se presentó un accidente la autopista Torreón-Saltillo por lo que hubo cierre de carreteras.

En Nuevo León, las termómetros descendieron hasta los $-8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Galeana y en Iturbide. De acuerdo con los medios de comunicación, la caída de aguanieve y nieve comenzó a registrarse la noche del 7 de diciembre, por lo que varias vías carreteras fueron cerradas (Fig. 49). La situación en Durango fue similar, las temperaturas mínimas llegaron hasta los $-11.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ el día 9 de diciembre en la ciudad de Durango, cuya mínima anterior era de $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 13 de diciembre de 1997, en Vicente Guerrero se reportó $-12.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el 10 de diciembre $-8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Suchil. En Zacatecas, la temperatura más baja registrada fue de $-14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 9 de diciembre en la estación de Llano Blanco, perteneciente al municipio de Panuco. Ese mismo día también se registraron $-14.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Cañitas de Felipe Pescador, $-14.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Villa Hidalgo, cuya mínima anterior fue de $-10.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 25 de diciembre de 2004, $-13.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Río Grande, cuya mínima anterior fue de $-11.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 12 de diciembre de 1997, -11.5 en Cuauhtémoc y en Chalchihuites el día 10 se registraron $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ la mínima anterior fue de $-8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 29 de diciembre de 1963. De acuerdo con medios de comunicación, se reportaron la caída de nieve y aguanieve en Concepción del Oro, El Salvador, Mazapil, Melchor Ocampo, Sombrerete y Juan Aldama. A medida que se desplazaba la masa de aire frío, alcanzó también al estado de Veracruz, donde las temperaturas mínimas registradas alcanzaron los $-11.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Zayaleta (municipio de Perote) y $-4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en La Joya (municipio de Acajete) cuya mínima anterior era de $-3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 10 de diciembre de 2010. Se observaron heladas en Xalapa, así como en la zona de Huayacocotla, Pico de Orizaba y Cofre de Perote. Finalmente en Oaxaca las temperaturas mínimas más bajas se registraron inicialmente el 9 de diciembre con $-2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Ayutla y al día siguiente de $-5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Asunción Nochixtlán.

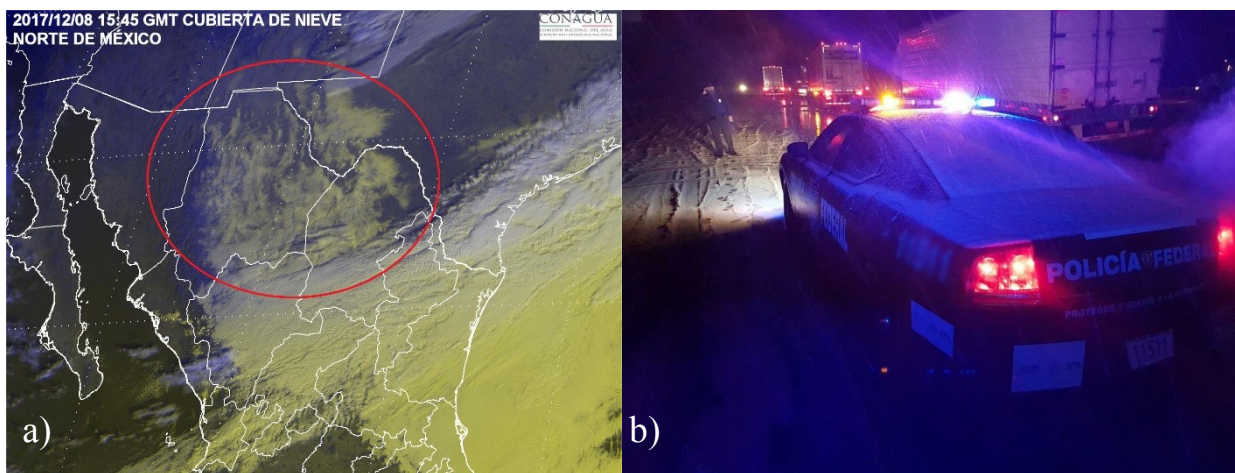


Fig. 49. a) Imagen satelital de la cubierta de nieve el día 8 de diciembre de 2017 (Fuente NOAA). b) Fotografía del cierre de la circulación en la autopista Monterrey-Nuevo Laredo la noche del día 7 de diciembre (Fuente: red social de la Policía federal de México).

5. Anexos

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	0.4	2.1	6.7	0.4	4.2	43.5	169.3	143.8	159.5	21.8	0.1	27.6	579.4
BAJA CALIFORNIA	53.6	44.9	1.4	0.0	7.9	0.2	2.9	7.1	9.6	0.0	1.4	2.8	131.8
BAJA CALIFORNIA SUR	8.4	18.4	0.5	0.1	1.6	1.9	12.1	68.3	59.0	0.6	0.2	3.7	174.8
CAMPECHE	16.1	6.9	9.1	65.1	49.7	363.6	169.2	202.8	229.8	221.7	33.4	40.1	1407.3
COAHUILA	2.6	11.1	15.1	23.0	40.6	22.6	37.8	45.1	108.3	15.2	1.9	35.6	358.6
COLIMA	0.0	2.8	1.2	0.0	1.7	197.4	287.4	560.3	528.0	142.7	0.1	7.3	1728.9
CHIAPAS	36.8	8.1	23.1	64.0	262.3	409.4	254.3	249.2	401.7	228.8	37.9	18.4	1994.0
CHIHUAHUA	12.3	8.1	6.1	3.4	10.4	20.6	153.3	122.1	58.8	14.4	1.7	42.7	453.8
CIUDAD DE MÉXICO	0.0	0.0	18.1	12.9	48.9	86.2	101.7	101.3	86.8	31.4	0.6	0.0	488.0
DURANGO	1.3	7.8	13.3	1.4	4.7	12.5	121.7	139.3	97.3	34.1	0.0	21.2	454.6
GUANAJUATO	0.2	1.5	14.2	6.0	17.2	108.3	173.7	131.4	143.7	14.6	0.3	0.4	611.5
GUERRERO	0.2	0.2	2.1	3.2	90.2	223.9	162.6	230.4	369.4	71.7	6.7	0.4	1161.1
HIDALGO	3.1	5.0	20.7	16.5	51.2	69.2	95.1	88.9	182.1	109.6	4.9	6.9	653.2
JALISCO	0.3	2.9	6.5	0.1	6.8	101.8	233.3	266.8	247.4	59.4	0.9	19.8	946.1
ESTADO DE MÉXICO	0.1	1.1	17.0	14.3	86.6	119.7	174.5	209.5	186.3	53.0	3.3	0.1	865.3
MICHOACÁN	0.1	1.0	14.6	1.8	29.5	116.1	159.4	228.4	190.9	50.2	0.4	0.3	792.8
MORELOS	0.0	0.1	14.7	13.5	174.9	386.0	320.4	517.2	441.1	81.7	0.0	0.0	1949.5
NAYARIT	0.5	11.0	1.5	0.1	1.1	62.6	279.1	346.5	392.7	102.4	0.3	30.6	1228.2
NUEVO LEÓN	10.2	7.4	50.6	45.0	60.7	45.6	31.0	40.6	172.1	64.9	7.8	34.2	570.0
OAXACA	6.1	5.7	16.4	28.0	156.8	355.6	183.0	207.0	320.0	141.8	13.3	7.0	1440.8
PUEBLA	4.4	8.0	32.3	37.4	130.5	217.0	204.3	311.3	322.5	114.8	12.0	7.9	1402.3
QUERÉTARO	0.7	2.0	20.9	17.7	29.6	83.2	107.9	92.2	168.0	67.4	1.3	1.8	592.7
QUINTANA ROO	30.5	9.5	25.6	76.5	64.1	241.0	111.0	205.1	240.0	255.2	94.0	54.3	1406.8
SAN LUIS POTOSÍ	1.7	3.6	28.1	25.2	40.9	62.5	118.1	96.3	145.0	85.8	1.4	9.1	617.6
SINALOA	3.8	30.2	3.6	0.5	0.7	12.5	169.5	248.3	162.9	49.0	0.1	17.6	698.8
SONORA	41.6	31.3	0.5	0.5	4.8	12.5	182.9	93.9	39.4	4.3	2.5	36.7	450.6
TABASCO	84.3	32.4	61.1	97.6	143.2	285.5	157.5	207.3	377.5	414.0	98.2	55.4	2013.9
TAMAULIPAS	8.3	14.9	57.9	36.2	70.8	61.7	79.0	68.3	129.2	113.9	12.2	14.2	666.7
TLAXCALA	0.4	0.4	19.4	21.2	79.9	98.5	146.6	167.4	123.6	30.3	2.4	0.2	690.2
VERACRUZ	36.9	32.6	65.4	35.3	110.0	181.7	245.1	199.7	429.0	314.9	43.3	37.1	1730.9
YUCATÁN	19.5	2.1	7.5	51.7	48.4	229.9	141.7	160.3	228.1	154.8	37.9	38.7	1120.5
ZACATECAS	0.4	1.3	18.8	2.6	10.7	30.7	134.1	113.5	111.3	16.3	0.3	27.2	467.2
NACIONAL	14.6	12.7	16.6	18.5	48.1	102.7	140.9	145.9	169.8	77.0	10.7	24.4	781.6

Anexo 1. Láminas estimadas de precipitación nacional y por entidad federativas en 2017, valores en milímetros (mm). Con información disponible en diciembre de 2016 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	24.0	25.1	27.2	29.4	32.3	31.5	27.0	28.0	26.1	25.6	26.7	22.7	27.1
BAJA CALIFORNIA	19.0	21.8	26.4	28.0	29.8	34.0	35.5	35.6	32.2	31.0	26.0	23.0	28.5
BAJA CALIFORNIA SUR	24.4	26.8	29.5	31.1	30.9	33.2	35.8	36.2	33.4	34.5	31.3	26.5	31.1
CAMPECHE	31.7	33.6	34.3	36.4	37.5	34.5	34.6	34.9	34.0	32.1	30.6	30.1	33.7
COAHUILA	24.3	27.4	28.4	31.3	33.7	35.7	35.2	34.7	32.6	28.0	26.5	20.4	29.9
COLIMA	32.4	32.7	33.3	32.3	33.4	33.4	34.5	33.6	32.5	33.8	33.6	32.6	33.2
CHIAPAS	30.5	32.5	32.5	33.4	33.3	31.0	31.3	31.6	31.0	30.1	29.9	28.9	31.3
CHIHUAHUA	20.8	23.7	27.6	30.4	32.6	36.0	31.5	30.0	30.6	28.9	27.3	19.3	28.2
CIUDAD DE MÉXICO	23.2	24.4	24.4	26.5	28.1	26.5	24.3	25.0	23.5	23.2	23.6	22.5	24.6
DURANGO	23.4	25.6	27.9	30.5	32.5	34.3	30.3	29.3	27.9	27.5	26.9	21.3	28.1
GUANAJUATO	25.5	26.8	28.5	30.7	32.9	30.8	27.1	28.0	26.4	26.3	27.1	24.7	27.9
GUERRERO	31.5	32.2	33.1	33.7	34.0	32.4	32.1	31.9	31.0	31.7	31.9	30.8	32.2
HIDALGO	24.9	27.0	26.9	28.8	31.3	29.6	26.4	27.9	25.6	24.7	25.3	23.7	26.8
JALISCO	27.4	28.6	30.9	32.5	34.5	33.4	29.7	30.0	28.9	29.3	29.6	26.5	30.1
ESTADO DE MÉXICO	21.4	22.7	23.1	24.8	26.1	24.4	22.2	22.9	21.7	21.6	22.2	21.3	22.9
MICHOACÁN	27.5	28.6	30.2	32.5	33.7	31.8	28.7	29.1	28.2	28.7	28.8	26.7	29.5
MORELOS	28.8	30.8	32.1	33.9	33.0	29.0	28.6	28.4	27.5	28.2	28.5	27.7	29.7
NAYARIT	29.5	32.3	34.6	34.5	35.1	34.6	34.0	33.3	32.6	34.1	33.7	29.3	33.1
NUEVO LEÓN	24.8	29.5	29.1	31.8	33.4	35.9	35.0	35.8	32.8	28.5	27.2	21.4	30.4
OAXACA	29.8	30.8	31.8	33.2	33.3	31.4	31.0	31.2	29.8	29.6	29.4	27.9	30.8
PUEBLA	24.5	26.2	26.4	28.4	29.1	27.0	25.5	26.4	24.7	24.5	24.2	23.0	25.8
QUERÉTARO	25.3	27.1	27.9	30.3	32.3	30.7	27.4	28.0	26.4	25.2	26.0	23.3	27.5
QUINTANA ROO	31.0	32.3	32.3	33.4	34.8	34.0	34.9	34.6	34.6	32.0	30.8	30.0	32.9
SAN LUIS POTOSÍ	26.9	30.4	30.4	33.3	34.7	35.0	31.6	33.6	30.6	28.7	28.9	25.2	30.8
SINALOA	28.9	30.6	34.1	34.4	35.0	36.9	36.9	36.2	35.7	37.4	35.3	30.1	34.3
SONORA	22.2	26.1	30.9	33.0	34.0	39.3	36.4	37.0	35.7	35.8	31.9	24.5	32.2
TABASCO	29.8	31.8	32.6	34.5	35.6	33.2	33.6	33.7	32.4	30.7	29.4	28.8	32.2
TAMAULIPAS	27.0	30.6	30.0	32.5	34.2	36.2	34.7	35.9	33.5	30.0	29.0	25.0	31.6
TLAXCALA	22.5	23.7	23.7	25.5	26.3	24.0	23.3	24.5	22.7	22.5	23.6	22.9	23.8
VERACRUZ	26.9	28.6	28.2	30.9	32.1	31.2	29.6	31.0	29.3	27.7	27.0	24.8	28.9
YUCATÁN	31.0	33.0	33.2	35.1	36.5	34.1	34.0	34.2	33.7	31.7	30.0	29.5	33.0
ZACATECAS	23.4	25.2	26.7	29.5	32.3	31.4	26.7	27.3	25.0	25.5	26.3	22.1	26.8
NACIONAL	25.4	27.9	29.7	31.8	33.2	34.2	32.4	32.4	31.1	30.0	28.8	22.7	30.0

Anexo 2. Temperatura máxima promedio a nivel nacional y por entidad federativa en 2017, valores en grados Celsius (°C). Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	13.8	14.7	17.9	18.8	21.8	23.5	20.3	21.3	20.0	17.8	16.3	13.5	18.3
BAJA CALIFORNIA	13.7	15.5	19.2	20.4	22.7	26.4	29.3	29.0	25.5	23.2	19.2	15.8	21.7
BAJA CALIFORNIA SUR	17.8	19.3	21.8	23.1	23.7	26.6	29.8	30.8	28.3	28.0	24.3	20.7	24.5
CAMPECHE	25.5	26.7	27.4	29.5	30.8	29.3	29.0	29.4	29.0	27.2	25.0	24.4	27.8
COAHUILA	16.3	18.6	20.7	23.3	26.1	28.4	28.6	28.2	26.2	21.3	18.7	13.7	22.5
COLIMA	25.0	24.9	26.2	24.7	26.5	28.5	28.8	28.5	27.7	28.2	27.7	25.8	26.9
CHIAPAS	23.3	25.0	25.4	26.3	27.3	26.0	25.9	26.1	26.0	25.1	23.8	22.8	25.3
CHIHUAHUA	11.7	13.9	17.6	20.4	22.5	26.9	24.6	23.6	22.9	20.5	16.9	11.3	19.4
CIUDAD DE MÉXICO	15.5	16.9	17.3	19.3	21.3	20.3	18.7	19.6	18.5	17.6	16.2	14.6	18.0
DURANGO	13.4	14.9	17.6	20.2	22.5	25.0	23.0	22.4	21.0	19.5	16.5	12.5	19.0
GUANAJUATO	15.5	17.0	19.0	20.7	23.5	22.9	20.5	21.1	20.1	18.8	17.1	15.1	19.3
GUERRERO	23.9	24.3	25.6	26.1	27.1	26.3	25.8	25.9	25.2	25.2	24.5	22.8	25.2
HIDALGO	15.7	17.4	18.4	19.6	23.0	22.1	20.3	21.2	19.8	18.2	16.5	14.6	18.9
JALISCO	17.5	18.2	21.0	22.2	24.7	25.5	23.3	23.6	22.7	21.8	20.0	17.7	21.5
ESTADO DE MÉXICO	11.7	12.8	14.2	15.7	17.8	17.3	15.8	16.5	15.7	14.6	12.7	12.0	14.7
MICHOACÁN	17.6	18.5	20.6	21.9	24.2	24.0	22.0	22.4	21.7	21.0	19.2	17.1	20.9
MORELOS	19.7	21.5	23.4	25.0	25.4	23.1	22.5	22.6	22.2	21.6	20.3	18.8	22.2
NAYARIT	21.8	22.9	24.7	25.2	26.9	28.6	28.5	28.4	27.8	28.1	26.5	22.6	26.0
NUEVO LEÓN	16.8	20.4	22.0	23.8	26.2	28.3	28.0	28.6	26.2	21.6	19.6	14.6	23.0
OAXACA	22.4	23.2	24.3	25.6	26.7	26.0	25.5	25.5	24.8	24.4	23.0	21.2	24.4
PUEBLA	15.7	17.1	18.1	19.8	21.4	20.3	19.1	19.8	18.9	18.0	16.2	14.4	18.2
QUERÉTARO	16.3	18.2	19.5	21.6	24.4	23.5	21.4	21.7	20.5	19.1	17.4	15.1	19.9
QUINTANA ROO	25.4	26.6	26.4	28.2	29.7	29.5	29.8	29.9	29.6	27.4	25.4	24.6	27.7
SAN LUIS POTOSÍ	19.2	21.9	22.8	25.3	27.4	27.8	25.7	27.2	25.0	22.6	21.5	17.7	23.7
SINALOA	20.0	21.0	24.0	24.7	26.6	29.8	30.7	30.3	29.6	29.7	26.1	22.2	26.2
SONORA	14.0	17.3	20.8	22.6	24.3	30.0	29.7	29.9	27.9	26.4	22.0	16.3	23.4
TABASCO	24.5	26.0	26.9	28.7	29.9	28.5	28.7	28.7	28.2	26.7	25.1	24.2	27.2
TAMAULIPAS	20.3	23.2	24.1	26.0	28.1	29.9	29.1	30.2	28.1	24.2	22.7	18.4	25.4
TLAXCALA	12.5	13.5	14.5	16.1	18.4	17.2	16.7	17.5	17.1	15.5	13.5	12.8	15.4
VERACRUZ	20.7	22.0	22.4	24.6	26.1	25.8	24.5	25.5	24.4	22.8	21.3	19.0	23.3
YUCATÁN	24.2	25.7	25.9	28.3	29.7	28.7	28.3	28.6	28.4	26.6	24.1	23.5	26.8
ZACATECAS	13.5	14.4	16.9	18.7	21.9	22.8	20.3	20.7	18.9	17.7	15.8	13.1	17.9
NACIONAL	17.4	19.2	21.3	23.1	25.1	26.8	26.1	26.2	24.9	23.0	20.5	17.0	22.6

Anexo 3. Temperatura media nacional y por entidad federativa en 2017, valores en grados Celsius (°C). Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	3.7	4.2	8.6	8.1	11.3	15.4	13.6	14.7	13.9	10.0	6.0	4.4	9.5
BAJA CALIFORNIA	8.5	9.2	12.0	12.8	15.6	18.8	23.0	22.3	18.9	15.3	12.4	8.7	14.8
BAJA CALIFORNIA SUR	11.1	11.7	14.0	15.2	16.5	19.9	23.9	25.4	23.1	21.5	17.3	14.8	17.9
CAMPECHE	19.2	19.8	20.6	22.7	24.2	24.1	23.4	23.9	24.0	22.4	19.5	18.7	21.9
COAHUILA	8.4	9.7	13.0	15.3	18.4	21.1	21.9	21.7	19.7	14.6	10.9	6.9	15.1
COLIMA	17.7	17.2	19.0	17.2	19.6	23.5	23.2	23.5	22.8	22.7	21.8	19.1	20.6
CHIAPAS	16.2	17.6	18.4	19.2	21.4	21.1	20.6	20.6	20.9	20.1	17.8	16.6	19.2
CHIHUAHUA	2.7	4.1	7.7	10.4	12.3	17.8	17.8	17.1	15.3	12.0	6.6	3.4	10.6
CIUDAD DE MÉXICO	7.7	9.4	10.1	12.2	14.5	14.2	13.1	14.1	13.6	12.0	8.8	6.8	11.4
DURANGO	3.4	4.1	7.4	9.8	12.6	15.7	15.6	15.5	14.1	11.5	6.1	3.8	10.0
GUANAJUATO	5.5	7.3	9.5	10.6	14.2	15.1	14.0	14.2	13.8	11.3	7.2	5.5	10.7
GUERRERO	16.3	16.4	18.1	18.4	20.2	20.2	19.5	19.9	19.3	18.6	17.0	14.7	18.2
HIDALGO	6.5	7.8	10.0	10.4	14.7	14.6	14.2	14.4	14.0	11.8	7.6	5.4	11.0
JALISCO	7.6	7.8	11.2	11.9	15.0	17.6	16.8	17.1	16.5	14.3	10.3	8.9	12.9
ESTADO DE MÉXICO	2.0	2.9	5.2	6.5	9.6	10.1	9.5	10.1	9.7	7.7	3.3	2.8	6.6
MICHOACÁN	7.6	8.3	10.9	11.3	14.7	16.3	15.3	15.7	15.1	13.3	9.6	7.5	12.1
MORELOS	10.6	12.2	14.8	16.1	17.8	17.2	16.4	16.9	17.0	15.0	12.1	9.9	14.7
NAYARIT	14.1	13.6	14.8	15.8	18.6	22.5	22.9	23.5	22.9	22.1	19.4	15.9	18.8
NUEVO LEÓN	8.9	11.4	14.8	15.7	18.9	20.7	21.0	21.4	19.6	14.7	12.1	7.8	15.6
OAXACA	15.1	15.5	16.9	18.0	20.0	20.5	20.0	19.8	19.8	19.2	16.5	14.6	18.0
PUEBLA	6.9	8.1	9.8	11.3	13.6	13.6	12.8	13.2	13.1	11.5	8.1	5.8	10.7
QUERÉTARO	7.4	9.2	11.0	12.8	16.5	16.2	15.3	15.4	14.6	12.9	8.9	6.9	12.3
QUINTANA ROO	19.8	21.0	20.5	23.1	24.5	25.0	24.6	25.2	24.6	22.8	20.0	19.2	22.5
SAN LUIS POTOSÍ	11.6	13.3	15.2	17.2	20.1	20.5	19.9	20.9	19.4	16.6	14.1	10.2	16.6
SINALOA	11.1	11.5	13.8	15.1	18.2	22.8	24.4	24.5	23.4	22.0	16.9	14.2	18.2
SONORA	5.9	8.5	10.7	12.2	14.6	20.8	23.0	22.9	20.1	17.0	12.1	8.1	14.7
TABASCO	19.1	20.2	21.2	22.9	24.2	23.9	23.8	23.7	24.0	22.7	20.9	19.6	22.2
TAMAULIPAS	13.6	15.9	18.1	19.5	22.1	23.7	23.6	24.4	22.7	18.5	16.5	11.7	19.2
TLAXCALA	2.4	3.4	5.3	6.8	10.4	10.5	10.1	10.5	11.5	8.4	3.4	2.7	7.1
VERACRUZ	14.4	15.4	16.5	18.3	20.0	20.4	19.5	20.0	19.6	17.9	15.5	13.3	17.6
YUCATÁN	17.4	18.3	18.6	21.4	22.9	23.3	22.7	23.1	23.1	21.5	18.1	17.5	20.7
ZACATECAS	3.7	3.7	7.1	7.9	11.4	14.2	13.8	14.1	12.9	9.8	5.3	4.0	9.0
NACIONAL	9.3	10.5	12.8	14.4	16.9	19.5	19.8	19.9	18.6	16.0	12.3	9.6	15.0

Anexo 4. Temperatura mínima promedio a nacional y por entidad federativa en 2017, valores en grados Celsius (°C). Con información disponible en diciembre de 2017 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos-Conagua, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

6. Glosario

Anomalía: En climatología, se refiere a la desviación o sesgo de un valor medido (temperatura o precipitación) respecto a su valor promedio en el mismo lapso de tiempo.

Clima. Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un largo período de tiempo. El clima de una localidad está determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad.

Climatología. Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

El Niño. Fenómeno oceánico-atmosférico, es de intensidad variable y ocurre en el Pacífico. Durante su ocurrencia provoca cambios en la temperatura y en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico afectando los climas del mundo entero.

Frente Frío. Se produce cuando una masa de aire frío avanza hacia latitudes menores y su borde delantero se introduce como una cuña entre el suelo y el aire caliente. Al paso de este sistema, se pueden observar nubes de desarrollo vertical (Sc, Cu, Cb Tabla de Nubes) las cuales podrían provocar chubascos o nevadas si la temperatura es muy baja. Durante su desplazamiento la masa de aire que viene desplazando el aire más cálido provoca descensos rápidos en las temperaturas de la región por donde pasa.

Helada. Fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0 °C. Si a las 18:00 horas se tiene un cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3 °C, existe una alta probabilidad de que se presente una helada.

ITZC (Zona Intertropical de Convergencia). Región donde los vientos alisios del noreste (hemisferio norte) y sureste (hemisferio sur) confluyen para formar una banda de nubes o tormentas, a menudo continua, cerca del ecuador.

Monsoon Trough (Vaguada Monzónica). Porción de la ITZC que se extiende sobre la circulación monzónica, en un mapa de tiempo se dibuja como una línea que ubica la presión mínima al nivel del mar. Esta línea coincide con el máximo de vorticidad ciclónica, con el flujo monzónico de dirección suroeste prevaleciendo al sur del eje de la vaguada. La convergencia de los vientos del SW al sur de la vaguada monzónica y vientos del NE al norte de la vaguada monzónica crea un flujo que produce vorticidad ciclónica al sur del eje de la vaguada, lo cual es importante para la ciclogénesis tropical

Normales Climatológicas. Valores medios de los elementos meteorológicos (temperatura, humedad, precipitación, evaporación, etc.) calculados con los datos recabados durante un período largo y relativamente uniformes, generalmente de 30 años.

OLR (Radiación Saliente de Onda Larga): Radiación reflejada por la superficie terrestre, las nubes y los gases que se encuentran presentes en la atmósfera. En las regiones tropicales valores menores a 240Wm² de OLR identifican áreas con nubes de gran desarrollo vertical y por lo tanto, zonas con precipitación.

Ondas de Kelvin: son oscilaciones que se generan en la interface entre dos masas de agua o aire de diferente densidad. Para que ocurran es necesario que exista una cortante vertical de velocidad, es decir, las masas deben moverse a velocidades diferentes. En la atmósfera las ondas de Kelvin ocurren en el ecuador y se propagan hacia la derecha en el Hemisferio Norte.

Precipitación. Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

Procesos de Convección. Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuáles se pueden convertir en cumulonimbos (nubes de tormenta) si la convección es muy fuerte.

Temperatura Máxima. Es la mayor temperatura registrada durante el día, se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas.